

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

C. VOIT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

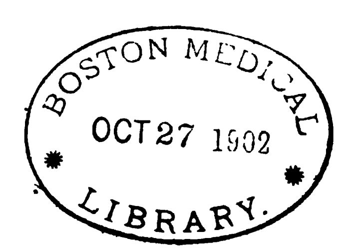
NEUE FOLGE: FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND.

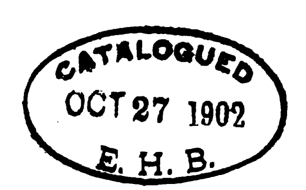
DER GANZEN REIHE: DREIUNDVIERZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND BERLIN

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

1902.





Inhalt.



Die chemische Zusammensetzung des neugebornen Menschen.

Von

Dr. **W. Camerer** jun., Stuttgart.

Mit analytischen Beiträgen von Dr. **Söldner** und Dr. **Herzog**, Stuttgart.

Die Untersuchung, über welche wir zuerst in dieser Zeitschrift Bd. 39, S. 173, sodann Bd. 40, S. 529 berichtet haben, ist jetzt zu Ende geführt. Ich erhielt gegen Schlufs des Jahres 1900 kurz nacheinander zwei totgeborne Kinder zur Bearbeitung, so dafs nunmehr die Resultate von sechs Kindern zur Verfügung stehen, die so gut untereinander stimmen, dafs weiteres Material überflüssig ist. Man konnte früher das Bedenken haben, dafs die bearbeiteten Körper, bei unternormalem Geburtsgewicht der Kinder (im Mittel von Nr. 1 bis 4 nur 2630 g) etwas anders zusammengesetzt sein könnten, als die von Kindern mit normalem Geburtsgewicht. Dieses Bedenken ist durch die bei den neuen Körpern (welche ich mit Nr. 5 und 6 zu bezeichnen habe) erhaltenen Resultate hinfällig geworden. Die Bearbeitung derselben geschah wie früher zuerst in der Frauenklinik, sodann im anatomischen Institute zu Tübingen und spreche ich am Schlusse der Arbeit den früher erwähnten Herren für ihre Unterstützung noch einmal meinen besten Dank aus, ebenso Herrn E. Löflund, welcher, wie schon oft, so auch diesmal, sein Fabriklaboratorium in liberalster Weise in den Dienst der Wissenschaft stellte. Die späteren Arbeiten sind also teils hier, teils in dem Laboratorium meines Vaters in Urach gemacht worden. Das Wenige, was über die Versuchstechnik nachzutragen ist, wird an der geeigneten Stelle gesagt werden, im übrigen verweise ich in dieser Beziehung auf die erste Arbeit.

Nr. 5 ist ein Mädchen, 50 cm lang, Gewicht unmittelbar nach der Geburt 3080 g. Mutter eine 27 Jahre alte, dritt-Gebärende, 149 cm lang, ledig, gesund. Geburtsdauer drei Stunden. Schon beim manifesten Beginn der Geburt waren Herztöne nicht mehr zu hören. Kopflage, sehr heftige Wehen, Fruchtwasser während der Geburt mit Mekonium gefärbt. Die gefrorene Leiche hatte im Magen 10 g gefrorene, braun gefärbte Masse, ohne Zweifel verschlucktes Fruchtwasser; grofse Blutergüsse in der Substanz des Gehirns. Für Nabelschnurrest, Mageninhalt, Kindspech im Darm habe ich 32 g abzurechnen, so dafs als reines Kindsgewicht bleibt 3048 g.

Nr. 6 ist ein Knabe, Länge 52,5 cm, Gewicht unmittelbar nach Geburt 3360 g. Mutter 24 Jahre alt, erstgebärend, 161 cm lang. Kopflage, Nabelschnurvorfall, künstlicher Blasensprung. Es entleerte sich dabei schon mit Mekon gefärbtes Fruchtwasser, die anfangs noch pulsierende Nabelschnur wurde bald pulslos; 5 1/2 Stunden später kam es nach heftigen Wehen zur Geburt. Das Gewicht von Nabelschnurrest und Mekonium im Darm der gefrorenen Leiche betrug nur 12 g, so dafs als reines Kindsgewicht bleibt 3348 g. Die Harnblase war bei beiden Kindern leer.

Tabelle I.

Kind		Trocken-substanz	Äther-ex-trakt	Asche	Eiweifs und Leim	Ex-trakt.-stoffe	C	H	N
5	Alkohol [1] .	64,5	32,4	14,6	—	17,5	28,1	5,0	2,94
	Äther [1] . .	257,0	256,6	0,3	—	0,1	190,6	29,2	0,15
	Pulver [1] .	532,6	77,4	70,4	356,0	28,8	255,9	37,4	56,80
	Summe	854,1	366,4	85,3	356,0	46,4	474,6	71,6	59,89
6	Alkohol .	66,3	32,3	15,5	—	18,5	28,8	5,1	3,68
	Äther . .	263,6	262,3	0,3	—	1,0	198,3	31,9	0,30
	Pulver . .	600,6	83,2	71,0	413,7	32,7	290,5	42,3	66,19
	Summe	930,5	377,8	86,8	413,7	52,2	517,6	79,3	70,17

1) Unter Alkohol ist hier zu verstehen der trockene Extrakt, gewonnen aus dem grob zerschnittenen gefrorenen Kind durch Übergiefsen mit Alkohol und Abdampfen der alkoholischen Lösung im Wasserbad; unter Äther der ätherische Extrakt nach Abdampfen der ätherischen Lösung, —

Tabelle II. Absolute Werte für sämtliche sechs Kinder.

Nummer und Geschlecht des Kindes	Gewicht g	Wasser	Trock.-subst.	Fett	Asche	Eiweifs und Leim	Extrakt.-stoffe	C	H	N
1 w.	2616	1874	742	358	54	278	52	434,2	64,1	46,8
2 m.	2755	1905	850	443	74	296	37	506,9	75,9	50,5
3 »	2683	1958	725	273	72	347	33	401,0	57,1	58,5
4 w.	2476	1807	669	270	76	290	33	363,1	54,8	49,0
5 »	3048	2194	854	366	85	356	47	474,6	71,6	59,9
6 m.	3348	2418	930	378	87	414	51	517,6	79,3	70,2
Mittel	**2821**	**2026**	**795**	**348**	**75**	**330**	**42**	**449,6**	**67,15**	**55,8**

Tabelle III. 100 g Leibessubstanz enthalten:

No. des Kindes	Wasser	Trock.-subst.	Fett	Asche	Eiweifs und Leim	Extrakt.-stoffe	C	H	N	O
1	71,6	28,4	13,7	2,06	10,6	2,0	16,6	2,45	1,79	—
2	69,2	30,8	16,1	2,69	10,8	1,3	18,4	2,75	1,83	—
3	73,0	27,0	10,2	2,68	13,0	1,2	14,9	2,12	2,18	—
4	73,0	27,0	10,9	3,10	11,6	1,3	14,7	2,20	1,98	—
5	72,0	28,0	12,0	2,80	11,7	1,5	15,6	2,35	1,96	—
6	72,2	27,8	11,3	2,60	12,4	1,5	15,5	2,37	2,10	—
Mittel	**71,8**	**28,2**	**12,8**	**2,70**	**11,7**	**1,5**	**15,9**	**2,38**	**1,98**	**5,36**

Tabelle IV. 100 g Trockensubstanz enthalten:

No. des Kindes	Fett	Asche	Eiweifs und Leim	Extraktiv-stoffe	C	H	N	O
1	48,2	7,2	37,2	7,1	57,4	8,6	6,3	—
2	52,3	8,7	35,1	4,3	59,7	8,9	5,9	—
3	37,7	9,9	48,1	4,4	55,2	7,8	8,1	—
4	40,4	11,5	43,3	4,8	54,4	8,1	7,3	—
5	42,9	10,0	41,7	5,4	55,6	8,4	7,0	—
6	40,6	9,3	44,5	5,6	55,6	8,5	7,5	—
Mittel	**43,8**	**9,4**	**41,5**	**5,3**	**56,5**	**8,44**	**7,02**	**18,64**

die Extraktion mit Äther folgte auf die mit Alkohol, — unter Pulver die feingepulverte Masse, welche sich weder in Alkohol noch in Äther gelöst hatte. (Näheres siehe in der ersten Arbeit.)

Tabelle V.
Stickstoff der alkoholischen Lösung, auf das ganze Kind berechnet.

No. des Kindes	1 N durch Kjeldahl vor dem Eindampfen des Alkohols	2 N durch Kjeldahl nach dem Eindampfen [1])	3 N durch Hüfnerversuch	4 N durch Wurster oder Schlöfsing
2	—	—	0,75	0,19
3	—	—	0,95	0,18
4	—	2,8	0,79	0,14
5	3,3 g	2,9	1,06	0,13
6	3,8 »	3,2	1,35	0,16
Mittel für 1 Kind	--	—	**0,98**	**0,16**

Auch der »Äther« der Tabelle I enthält etwas N, zwischen 0,1 g und 0,3 g pro Kind, da der Äther beim Übergiefsen der noch vom Alkohol feuchten Substanzen etwas von letzterem aufnahm; ich habe diesen kleinen Rest nicht weiter berücksichtigt. Berechnet man die Mittelwerte der Tabelle V auf 100 g Leibessubstanz unter Berücksichtigung des Mittelgewichtes der Kinder 2 bis 6 mit 2862 g, so findet man 34,2 mg N, welche durch den Hüfnerversuch entbunden werden, und 5,6 mg N, welche durch Schlöfsing oder Wurster entbunden werden. 100 g Leibessubstanz enthalten also rund 45 mg Harnstoff und 7 mg Ammoniak. Derjenige im Alkohol enthaltene N, welcher nicht durch den Hüfnerversuch entbunden wird, pro Kind etwa 2 g, rührt jedenfalls zum Teil von Eiweifssubstanzen her, welche in dem stark wasserhaltigen Alkohol gelöst waren. — Es sei hier noch daran erinnert, dafs Söldner aus Kind I und II im Mittel eines Kindes 17 g Lecithin gewinnen konnte, auf 100 g Leibessubstanz

1) Das Eindampfen geschah hier bei 35° bis 40° des Wasserbades bis zur Trockne, der Rückstand wurde soweit löslich mit Wasser aufgenommen, filtriert und das Filtrat weiter bearbeitet; es wurden also die Analysen 2 bis 4 mit wässriger Lösung, nur die unter 1 mit (der ursprünglichen) alkoholischen Lösung gemacht. Für den »Alkohol« der Tabelle I geschah das Eindampfen auf Wasserbad mit kochendem Wasser, wobei ohne Zweifel ein kleiner Verlust an N — durch Zersetzung von Harnstoff — eintrat. Die Werte von Tabelle V 1 (Kind No. 5 und 6) sind daher mit Recht etwas gröfser als die Werte für N des Alkohols in Tabelle I.

0,6 g Lecithin, und nachgeholt, dafs die alkoholische Lösung bei langem Stehen Krystalle von Lecithin abscheidet.

Tabelle VI.

Die Aschenbestandteile des Neugebornen in absoluten Werten.

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	Cl	Summe	Ab O für Cl	Rest	Asche nach Tab. II
No. 1 enthält	4,82	5,46	18,3	0,72	0,56	20,5	4,80	55,16	1,09	54,07	54
No. 2	5,00	6,09	28,5	0,46	0,49	29,6	4,88	75,02	1,10	73,92	74
» 3	5,44	5,56	25,1	1,00	0,55	27,9	4,07	69,62	1,03	68,59	72
» 4	4,25	6,20	32,1	0,85	0,49	30,0	4,47	78,36	1,01	77,35	76
» 5	6,15	7,46	32,5	0,83	0,49	31,4	5,68	84,51	1,28	83,23	85
» 6	6,70	8,01	35,0	0,80	0,52	33,4	5,97	90,40	1,35	89,05	87
i. Mittel	**5,39**	**6,46**	**28,6**	**0,78**	**0,52**	**28,8**	**4,98**	**75,53**	**1,14**	**74,4**	**74,7**

Tabelle VII.

Verhältniszahlen.

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3 1)	P_2O_5	Cl
100 g Leibessubstanz enthalten	0,19	0,23	1,01	0,03	0,018	1,02	0,18
100 g Asche enthalten	7,1	8,6	37,9	1,0	0,6	38,2	6,6

Zwischen dem fetten Paar 1 und 2, und dem mageren Paar 3 und 4 nehmen die neuen Fälle 5 und 6 eine Mittelstellung ein, wie aus folgenden Verhältniszahlen zu ersehen ist:

100 g Leibessubstanz enthalten:

	Wasser	Fixa	Fett 2)	Asche	Eiweifs und Leim	Extraktivstoffe	C	H	N
Im Mittel von 1 und 2	70,4	29,6	14,9	2,37	10,7	1,63	17,5	2,6	1,81
5 » 6	72,1	27,9	11,6	2,70	12,0	1,60	15,5	2,4	2,02
3 » 4	73,0	27,0	10,5	2,89	12,3	1,31	14,8	2,2	2,08

1) Der bessere Eisenwert ist: 0,016 auf 100 g Leibessubstanz, siehe Schlufsbemerkung.

2) Tiere, welche zwischen 10 und 15 g Fett (auf 100 g Leibessubstanz) enthalten, sind im mittleren Ernährungszustand, solche mit nur 8 % Fett sind schon äufserlich als mager zu erkennen, solche mit 20 % sind äufserlich als fett zu erkennen.

Es läſst sich, wie schon in der zweiten Arbeit nachgewiesen wurde, aus diesen Zahlen der freilich an sich schon naheliegende Schluſs ziehen, daſs Kinder mit gleichem relativem Fettgehalt auch im übrigen fast gleich zusammengesetzt sind. Die Berechnung nach dem Geschlecht hat, auch nach heutigem Befunde, keinen wesentlichen Einfluſs auf die Zusammensetzung des Neugebornen erkennen lassen, worüber folgende kleine Tabelle:

Mittelwerte	Gewicht	Wasser	Fixa	Fett	Asche	Eiweiſs und Leim	Extraktstoffe	C	H	N
für ein										
Mädchen .	2713	1958	755	331	72	308	44	424,4	63,5	51,8
Knabe . .	2929	2094	835	365	78	352	40	475,2	70,8	59,6
				Auf 100 g Leibessubstanz:						
Mädchen .	—	72,2	27,8	12,2	2,67	11,3	1,63	15,6	2,34	1,91
Knabe . .	—	71,5	28,5	12,4	2,65	12,0	1,45	16,2	2,42	2,03

Da es uns danach überflüssig erscheint, weitere Leichen von Neugebornen zu untersuchen, so mögen nun einige Folgerungen aus den erhaltenen Resultaten hier ihre Stelle finden.

1. Die Beschaffenheit des normalen Anwuchses beim natürlich ernährten Säugling zu wissen, hat sowohl für die Kindsphysiologie, als für die Kinderheilkunde Interesse. Heubner und Rubner[1]) fanden bei ihrem 7 1/2 Monate alten Kuhmilchkind während der sechstägigen Versuchszeit einen 24stündigen Anwuchs von 22 g, welcher nach ihrer Berechnung etwa folgende Zusammensetzung hatte:

Wasser	9 g,	
organ. N-haltige Trockensubstanz (mit Asche) .	6 »	mit 0,73 g N und 2,4 g C,
Fett	7 »	» 5,2 » »
	22 g	mit 0,73 g N und 7,6 g C.

100 g Anwuchs würden demnach enthalten rund 41 g Wasser, 27 g N-haltige Substanz und 32 g Fett, entsprechend 3,3% N und 34,5% C und einem Verhältnis N : C = 1 : 10. Es ist auſser

1) Diese Zeitschr. Bd. 38 S. 340.

Zweifel, dafs der durchschnittliche Anwuchs der Säuglinge von ganz anderer Beschaffenheit sein mufs, als hier innerhalb weniger Versuchstage durch eine an sich schon unsichere, weil mit allen Versuchsfehlern behaftete Differenzrechnung (zwischen Zufuhr und Ausscheidungen) ermittelt wurde.[1])

Denn, berechnet man, ausgehend von dem Durchschnittsgewicht unserer Neugebornen (2821) und ihrer mittleren Zusammensetzung, wie ein Kindskörper beschaffen wäre, wenn er bei einem Anwuchs nach Heubner und Rubner sein Gewicht verdoppelt hätte, also 5642 g schwer geworden wäre, so findet man

absolute Zahlen				100 g Leibessubstanz enthält		
Gewicht	Wasser	N	C	Wasser	N	C
5642	3183	149	1423	56	2,6	25

also Zahlen, die für ein Kind im fünften Lebensmonat geradezu unmöglich sind.

Würde man annehmen, der Körper eines Kindes in diesem Alter und vom Gewicht 5642 g sei zusammengesetzt, wie Volkmann für den mittleren Erwachsenen gefunden hat, nämlich auf 100 g Leibessubstanz,

Wasser[2])	C	H	N	O	Asche
66	18,5	2,7	2,6	6,5	4,7

1) Allgemeine Gültigkeit scheint mir dagegen der interessante Befund zu haben, dafs der N-Ansatz annähernd kontinuierlich, der C-Ansatz unter starken periodischen Schwankungen vor sich ging. Man vergleiche damit den Befund derselben Forscher bei ihrem Muttermilchkind (diese Zeitschr. Bd. 36 S. 41), wo ein N-Ansatz von 0,26 g, ein C-Deficit von 0,82 g in 24 Stunden beobachtet wurde. Im Zusammenhang damit steht wohl auch die kürzlich von meinem Vater ermittelte Thatsache, dafs das Längenwachstum eines Säuglings ungehindert weiter geht, wenn auch sein Gewicht infolge leichten Unwohlseins mehrere Monate lang stehen bleibt.

2) C. Voit rechnet für den mittleren Erwachsenen 63 % Wasser und 37 % Fixa.

so würde man, wieder ausgehend von dem mittleren Geburtsgewicht und der Körperbeschaffenheit unserer Neugebornen zu einem Anwuchs von folgender Zusammensetzung kommen:

100 g Anwuchs enthalten					
Wasser	C	H	N	O	Asche
60	21	3	2,9	7,6	6,7

Hier ist das Verhältnis der Elemente annähernd dasselbe, wie es im Körper des Neugebornen gefunden wurde, nur ist der relative Wasserwert erheblich kleiner, der relative Aschenwert mehr als doppelt so grofs wie in letzterem (s. Tab. III). Allein es ist zweifellos, dafs der Körper eines Kindes im fünften Lebensmonat (zu welcher Zeit es bei natürlicher Ernährung sein Geburtsgewicht verdoppelt hat) nicht viel anders zusammengesetzt ist als der Körper des Neugebornen.[1]) Danach kann die Zusammensetzung des Anwuchses von der des Neugebornen unmöglich sehr verschieden sein und man begeht bei den kleinen, in Betracht kommenden absoluten Werten keinen merklichen Fehler, wenn man in der 24 stündigen Bilanz die Prozentwerte des Neugebornen für Prozentwerte des Anwuchses einsetzt.

2. Die 24stündige Stoffwechselbilanz des Säuglings.

Wir besitzen nunmehr für alle hier in Betracht kommenden Stoffwechselgröfsen zuverlässige Mittelwerte: für die 24 stündige Muttermilchmenge und ihre Elementarzusammensetzung in den verschiedenen Laktationsperioden (Analysen von Söldner und Rubner); für die Mengen von Urin, Kot und für deren Elementarzusammensetzung bei Muttermilchnahrung (Analysen von Camerer sen., Küster, Söldner, Rubner, Blauberg),

1) Sommerfeld, Archiv f. Kinderheilkunde Bd. 30 gibt für ein Kind von drei Monaten mit einem Gewicht von 4340 g an: 30 % Fixa, 13 % Fett, 2,7 % Asche, 2,3 % N. Knabe, an Enteritis und Furunkulose gestorben, es wurde der ganze Kadaver untersucht. Fettpolster und Muskulatur war ziemlich gut entwickelt. Aus der Klinik von Baginsky. Die Trocknung geschah allerdings bei 110°, und ich bin nach der Darstellung nicht ganz sicher, ob die Durchmischung der Körperbestandteile genügend war.

endlich für den Anwuchs. Hieraus ergeben sich durch Rechnung die Zahlen für die Respirationsgröfsen, und es sind letztere überdies durch die oben erwähnten ebenso mühsamen als erfolgreichen Versuche von Heubner und Rubner direkt ermittelt und die Resultate der Rechnung dadurch bestätigt worden, wie letztere auch noch durch die Beobachtung der perspir. insensibilis innerhalb gewisser Grenzen kontrolliert werden. Ich gebe als Beispiel die 24 stündige Bilanz eines Kindes in der 9. Lebenswoche, für welches auf Grundlage der Statistik folgende Mittelwerte anzunehmen waren: Körpergewicht 5 kg, täglicher Anwuchs 25 g (anstatt 26, bequemerer Rechnung halber), Muttermilch 800 g, Urin 520 ccm, Kot 20 g mit 20% Fixa.

Tabelle VIII.

24 stünd. Stoffwechselbilanz des Muttermilchsäuglings in der 9. Woche.

a) Zufuhr.

	Nahrung 800 g Muttermilch	Anwuchs 25 g	bleibt für Ausscheidung		
C	45,4	3,9	41,5		41,5
H	6,8	0,6	6,2		6,2
N	1,3	0,5	0,8		0,8
O	37,1	1,3	35,8	hierzu aus der Atmosphäre 113,9	149,7
Asche	1,4	0,7	0,7		0,7
Wasser	708,0	18,0	690,0		690,0
Snmmen	800,0	25,0	775,0		888,9

b) Ausfuhr.

	Urin	Kot	Respiration CO_2	Respiration H_2O		Summen
C	0,9	2,2	38,4	—		41,5
H	0,2	0,3	—	5,7	Wasserbildung 51,3	6,2
N	0,6	0,2	—	—		0,8
O	0,8	0,9	102,4	45,6		149,7
Asche	0,5	0,2	—	—		0,7
Wasser	517,0	16,2	—	—	156,8	690,0
Summen	520,0	20,0	140,8		208,1	888,9

Der respiratorische Quotient ist $\frac{102,4}{113,9} = 0,89$.

Der Verlust beim gasförmigen Stoffwechsel oder die perspir. insensib. 348,9 — 113,9 = 235 g.

Kalorienwert der Zufuhr (Urin u Kot ab) ca.	480
Kalorienwert des Zuwachses	60
Energieausgabe	420 Kalorien.

Es werden demnach von zugeführten Aschebestandteilen 50%, von zugeführtem N 40% zum Aufbau des Körpers verwendet, von zugeführtem C und H aber nur 9%. Zieht man in Betracht, daſs die Zahl für Wasseransatz wohl etwas zu groſs ist, so muſs in Wirklichkeit mit einem noch gröſseren Ansatz von Fixa, namentlich von Mineralbestandteilen und von N gerechnet werden. Es wird nun verständlich, daſs man auch den Säugling (wie den Erwachsenen) mit sehr verschiedener Nahrung groſsziehen kann. Wenn nur die Verdauungsorgane die dargebotene Kost ohne allzugroſse Verdauungsarbeit bewältigen und durch dieselbe nicht beschädigt werden, und wenn nur die kleine notwendige Menge derjenigen Stoffe resorbiert wird, welche der Körper nicht synthetisch aufbauen kann und zu seinem Wachstum und seiner Erhaltung braucht — also täglich reichlich 10 g meist N-haltiger organischer Stoffe und etwa 1,4 g Mineralbestandteile, letztere zum Teil an organische Stoffe gebunden, — so scheint schon beim Muttermilchkind, vollends beim künstlich ernährten, an sich nicht viel darauf anzukommen, ob das Energiebedürfnis mehr mit Fett oder mehr mit Milchzucker gedeckt wird, ob man innerhalb gewisser Grenzen einen Überschuſs von Nahrungseiweiſs (über die Zufuhr in der Muttermilch hinaus) oder ob man Milchzucker, Maltose, Dextrin bevorzugt. Bei vorsichtiger Berücksichtigung der individuellen Verhältnisse wird man auf sehr verschiedenen Wegen zum Ziel gelangen können.

3. Macht man die Annahme, daſs auch die Zusammensetzung der Aschenbestandteile beim Fünfmonatkind nicht wesentlich verschieden sei von der beim Neugebornen, so läſst sich die Menge der täglich anwachsenden Mineralbestandteile schätzen wie folgt:

	Täglicher Ansatz in 25 g Anwuchs	Tägliche Zufuhr in 800 g Muttermilch
K_2O	0,05 g	0,44 g
Na_2O	0,06 »	0,17 »
CaO	0,25 »	0,25 »
MgO	0,01 »	0,04 »
Fe_2O_3	0,004 »	0,004 »
P_2O_5	0,26 »	0,22 »
Cl	0,04 »	0,28 »
Summe	0,67 g	1,40 g

Danach würden von aufgenommenem Kali nur ca. 11 %, vom Natron 35 %, vom Cl 14 % angesetzt; CaO, P_2O_5, Fe_2O_3 der Zufuhr würden knapp oder gar nicht ausreichen, um den berechneten Ansatz zu decken. Es scheint entweder die gemachte Voraussetzung unrichtig zu sein oder es sind die Aschenanalysen noch zu unsicher und nicht ganz richtig. Es stimmen übrigens, CaO und P_2O_5 betreffend, die Werte der Analytiker leidlich (für Kindskörper Hugounenq, C. de Lange, Söldner, für Frauenmilchasche Backhaus, Bunge, de Lange, Söldner); schlecht stimmen sie bei Fe_2O_3. Hier stehen sich Söldner und Hugounenq bezüglich Kindsasche nahe, de Lange hat ungefähr viermal soviel als diese beiden; bezüglich Milchasche stehen sich Bunge, de Lange, Söldner nahe, Backhaus hat bei einer Analyse sogar den 10fachen Wert von Söldner gefunden. Wir behalten uns vor, auf diese Untersuchungen zurück zu kommen, da von unsern Kindern noch reichlich Material zu Gebot steht und Frauenmilch zur Veraschung ja leicht zu beschaffen ist. Bezüglich der Eisenanalysen fand Söldner, dafs die Wägung des Eisens als Pyrophosphat immer erhebliche höhere Werte gibt[1]), als wenn man dasselbe in schwefelsaure Lösung bringt und titriert. In unsere Tabellen ist stets das Resultat der Titration eingesetzt. Da die Möglichkeit vorlag, dafs beim Pulvern unserer Substanz etwas Eisen in Substanz von den gebrauchten Instrumenten in das Pulver übergehen und die

1) Wahrscheinlich von mitgerissenen Erdphosphaten herrührend.

Eisenbestimmung schädigen könne, so wurde bei Kind V und VI das analysenfeine Pulver mit einem starken Magnet behandelt. In der That gelang es, ganz kleine Eisenspäne anzuziehen. Es war darnach für Kinder V und VI auf 100 Körpersubstanz 0,016 g Eisen zu berechnen, anstatt vorher 0,0187 g. Da der Magnet bei Kind I bis IV nicht angewandt wurde, ist in Tabelle VII statt des gefundenen Mittelwertes 0,018 für Eisen wohl besser zu setzen 0,016.

Man findet, wohl unter dem Einflufs von Bunges Anschauungen, da und dort die Ansicht vertreten, dafs zwar die Säuglinge grofser, langsam wachsender Tiere und auch die des Menschen mit Kuhmilch aufgezogen werden können, nicht aber die kleiner, rasch wachsender Tiere. Dies stimmt mit der Erfahrung nicht. Es sind Beispiele genug bekannt, dafs Rehkälber, Marder, Feldhasen, Hunde, Katzen, von Geburt an mit gutem Erfolg künstlich und zwar mit Kuhmilch genährt wurden. Die Feldhasen gehen allerdings in der 3. oder 4. Lebenswoche häufig an Durchfällen zu Grunde, aber erst dann, wenn sie Kuhmilch nicht mehr mögen und zu Grünfutter übergegangen sind. Es scheint, dafs das aus Gärten geholte Futter ihnen nicht recht bekommt. Frei lebende Feldhasen werden höchstens 14 Tage von der Mutter gesäugt, denn die Häsin trägt 4 Wochen und setzt im Sommer alle 6 bis 8 Wochen Junge.

Beobachtungen und Versuche
über die
Ammoniakausscheidung im menschlichen Urin, mit Berücksichtigung noch weiterer stickstoffhaltiger Urinbestandteile und Bestimmung der Acidität nach Lieblein.

Von
Dr. **W. Camerer** jun., Stuttgart.

Über das Vorkommen und die Bedeutung des Ammoniaks im menschlichen Urin sind früher nur wenige Untersuchungen ausgeführt worden; erst in letzter Zeit haben die Arbeiten von Schmiedeberg und seinen Schülern das Interesse hierfür geweckt. Durch diese Arbeiten wurde bekanntlich die Bedeutung des Ammoniaks, eines Spaltungsproduktes des Nahrungs- und Körpereiweifses, als Vorstufe des Harnstoffs klar gelegt und ferner gezeigt, dafs es eine wichtige Funktion dieses Stoffes sei, die Alkalescenz des Blutes und der Gewebssäfte bei Übersäuerung, resp. Alkaliverarmung auf der erforderlichen Höhe zu erhalten. Es erschien deshalb wahrscheinlich, dafs die Ammoniakausscheidung im Urin bei Gesunden und Kranken Rückschlüsse auf wichtige Vorgänge im Körper selbst erlaube, insbesondere dafs der absolute und in noch höherem Mafs der relative (auf Gesamtstickstoff bezogene) Ammoniakwert geradezu als Mafsstab für die sogenannte Acidose angesehen werden könne. An sich wäre es selbstverständlich richtiger, zur Ermittelung der letzteren

Analysen des Blutes und der Gewebssäfte bezüglich ihres Gehalts an Alkalien und Säuren vorzunehmen, oder aber, da diese Aufgabe bekanntlich zur Zeit nicht vollkommen zu lösen ist, wenigstens alle Alkalien und Säuren des Urins zu bestimmen, und es ist das letztere ja auch, soweit es sich um Alkalien und anorganische Säuren handelt, von mehreren Forschern mit Erfolg versucht worden. Da aber die quantitative Analyse der organischen Säuren des Urins grofse technische Schwierigkeiten macht und bisher nicht ganz befriedigend gelungen ist, so läfst sich eine Bilanz zwischen Alkalien und Säuren auf diesem Wege nur schwer aufstellen[1]). Dazu kommt, dafs die Kenntnis der absoluten Werte der Basen und Säuren noch kein eindeutiges Bild von ihrer, in stetem Wechsel begriffenen wirklichen Verteilung und Bindung zu geben imstande sein würde.

Versuche, die Alkalescenz des Blutes und der Gewebssäfte und ihre Schwankungen auf anderem Wege, z. B. durch Bestimmung ihres Gasgehaltes oder durch Titration zu ermitteln, haben bisher nur ungenügende und widersprechende Resultate gegeben. Es hat dies zum Teil darin seinen Grund, dafs die diesbezüglichen Veränderungen in der Zusammensetzung namentlich des Blutes jeweils nur geringe sind.

Es ist bekanntlich eine wichtige Funktion der Nieren, die Blutalkalescenz auf der für den gasförmigen Stoffwechsel des Blutes notwendigen Höhe zu erhalten, indem sie durch Bildung eines sauren Sekrets aus dem alkalischen Blut durch den Stoffwechsel entstehende Säuren entfernen. Wenn aber bei übermäfsiger Bildung organischer Säuren oder bei mangelhafter Oxydation von solchen das Blut abnorm viel Säure enthält, so reicht die Thätigkeit der Nieren zur vollständigen Entfernung derselben, wie es scheint, nicht ohne weiteres aus, und es treten, wenigstens beim Fleischfresser und Menschen, anderweitige Schutzvorrichtungen gegen die Gefahr der Übersäuerung in verstärkte Thätigkeit. Von den als intermediäres Stoffwechselprodukt im Körper vorhandenen Ammoniakverbindungen wird ein gröfserer Teil als

1) Am vollkommensten scheint die Aufgabe von Magnus-Levy gelöst zu sein. Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmak. Bd. 45 S. 389 ff.

gewöhnlich der Umwandlung in Harnstoff entzogen und, an überschüssige Säure gebunden, durch den Urin entleert. Man beobachtet ferner unter diesen Umständen vermehrte Ausscheidung von fixen Alkalien, ja bei lang dauernder Übersäuerung selbst von Erdalkalien, welch letztere von angegriffenem Knochengewebe herzustammen scheinen. Da nach Limbeck[1]) u. anderen die fixen Alkalien in hohem Maſse zur Säurebindung herangezogen werden, könnte es zweckmäſsig erscheinen, diese als Index für die Acidose zu benutzen, doch ist gegen die Verwendung von Na und K in diesem Sinn einzuwenden, daſs die Gröſse ihrer Ausscheidung sehr wesentlich auch von der Gröſse der Zufuhr abhängig ist; man müſste also bei jedem Versuch den Alkaligehalt der Nahrung (und des Kotes) mitbestimmen, um ein klares Bild zu erhalten. Dies Bedenken trifft für die Verwendung des Ammoniaks als Maſsstab der Acidose bei gleichzeitiger Bestimmung des Gesamtstickstoffes im Urin nicht zu. Dazu kommt, daſs die Bestimmung von Na und K in der Zufuhr, im Urin und Kot schwierig ist, während wir für die Ermittelung des Gesamtstickstoffs und des Ammoniaks im Urin einfache und zuverlässige Methoden besitzen.

Bisher wurde das Ammoniak im Harn meist nach dem zwar einfachen, aber insofern weniger zuverlässigen Verfahren von Schlösing bestimmt, als die Resultate von äuſseren Versuchsbedingungen, wie Gröſse des Exsiccators, Menge des verwendeten Urins, Dauer des Versuchs, Wahl des etwaigen Desinfektionsmittels abhängig sind; dazu ist oft störend, daſs das Resultat bei Schlösing erst nach mehreren Tagen erhalten wird. Auch die Methode von Wurster, nach seiner ursprünglichen Vorschrift ausgeführt, ergibt nicht immer richtige Resultate, jedenfalls nicht, wenn mit Magnesia abdestilliert wird; absolut zuverlässig wurde dieselbe erst durch die von Söldner eingeführte, in Bd. 38, S. 237 ff. dieser Zeitschrift beschriebene Modifikation. In letzter Zeit ist der Apparat noch vereinfacht und handlicher gemacht worden dadurch, daſs Söldner an die Stelle des groſsen, 30—40 cm langen Absorptionsgefäſses eine U-förmige Röhre setzte, in deren

1) Limbeck, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 34 S. 419.

einem Schenkel zwei und in deren Bogen eine Kugel zur Aufnahme der Schwefelsäure eingeschaltet sind[1]).

Bei dieser Sachlage, zumal bei der grofsen Bedeutung, welche gegenwärtig dem Ammoniakgehalt des Urins mit Recht, namentlich auch von klinischer Seite aus, beigelegt wird, erschien es wünschenswert, die bisherigen Resultate durch die zuverlässige Bestimmung nach Wurster-Söldner zu kontrollieren, sowie unsere Kenntnisse über die Physiologie der Ammoniakausscheidung (Einflufs von Lebensalter, Geschlecht, Tageszeiten u. s. w.) auf eine breitere Basis zu stellen. Auffallenderweise ist dieselbe nämlich nur wenig erforscht, während über den Ammoniakgehalt des Urins bei den verschiedensten Krankheiten zahlreiche Untersuchungen ausgeführt wurden. Nach den Beobachtungen von Neubauer, Bödtker, Gumlich u. a. entleert der Erwachsene in 24 Stunden etwa 0,6—0,8 g Ammoniak im Urin, was 3—6% des Gesamtstickstoffes ausmachen würde. Bei animalischer Kost, im Hunger, bei Muskelanstrengungen sollen sowohl die absoluten als auch die relativen Ammonwerte (letztere natürlich in höherem Mafse) steigen, bei vegetabilischer Kost dagegen absinken. Doch stimmen die Resultate der Autoren vielfach nicht genügend überein.

Auch über die Frage, in welchem Zusammenhang die Acidität des Urins mit der Acidose steht, war bisher nichts Sicheres bekannt; es wurde daher die erstere in den folgenden Versuchen stets mitbestimmt, und zwar nach der Methode von Lieblein, da die direkte Titration des Urins auch unter Anwendung neu empfohlener Indikatoren nur sehr ungenaue Resultate gibt.

1) Schwarz (Wiener med. Wochenschr. 1893, Nr. 3) hat frisch gelassenen Urin in Chloroform aufgefangen und in solchem vielfach keinen oder nur sehr geringe Mengen Ammoniaks nachweisen können. Er nimmt an, dafs die von anderer Seite gefundenen höheren Ammonwerte von zersetztem Harnstoff herrühren. Diese Ansicht ist deshalb unhaltbar, weil Schwarz sehr kleine Mengen Urins verwendete und den Ammoniak in den meisten Fällen mit MgO abdestillierte, was nach der eben erwähnten Untersuchung Söldners zu niedrige Resultate gibt. — Über die Ammoniakbestimmung mit Platinchlorid nach Schmiedeberg, die als komplizierter nur selten zur Anwendung kommt, besitze ich keine eigene Erfahrung.

Bekanntlich mifst Lieblein den Grad der Acidität durch den Prozentgehalt des Urins an »saurem P_2O_5«, und zwar hat sich auch nach unseren Versuchen ergeben, dafs der Urin durchschnittlich 57% »saure P_2O_5« enthält (d. h. 57 Gewichtsteile in Form primärer, 43 in Form sekundärer Salze), dafs er, mit Lackmuspapier geprüft, beginnt, bei 35% »saurer P_2O_5« amphoter, bei 20% alkalisch zu reagieren und durch Ausscheidung von Erdphosphaten trüb zu werden. Über 90% »saure P_2O_5« scheinen nach unseren Erfahrungen nicht vorzukommen.

Die Urine, welche zu den folgenden Untersuchungen dienten, wurden stets in sorgfältig gereinigten Gefäfsen aufgefangen, die vor Beginn der Sammlung mit alkoholischer Tymollösung versehen waren. Auf diese Weise erhielt man auch im Sommer fast stets vollkommen klare 24stündige Urine. In den seltenen Fällen, in welchen bei saurer Reaktion eine leichte Trübung vorhanden war, ist dies im folgenden ausdrücklich bemerkt. Fast stets wurden (gut stimmende) Doppelanalysen, insbesondere bei den Ammoniakbestimmungen gemacht. Der Harnstoff wurde nach Hüfner, die Purinkörper durch Silberfällung bestimmt.

Bei der Arbeit, welche zum gröfsten Teil im Löflundschen Fabriklaboratorium ausgeführt wurde, unterstützten mich Dr. Söldner und Dr. Herzog mit Rat und That, wofür ich denselben meinen besten Dank sage. Ein Teil der Versuche, namentlich die Bestimmung des Harnstoffs und der Purinkörper, wurde von meinem Vater in dessen Laboratorium gemacht.

Serie I. **Urine erwachsener Männer.**

1. Es wurde fünf Tage hintereinander der 24stündige Urin von Männern im Alter von 25—55 Jahren gesammelt, von jedem Tag gemischt und das Gemisch analysiert. Die Versuchspersonen waren teils vollkommen gesund, teils standen sie wegen Gelenksteifigkeiten, Distorsionen etc. in Behandlung. An der Sammlung waren beteiligt am 1. Tag neun, am 2. zehn, am 3. neun, am 4. und 5. Tag je acht Personen. Täglich wurde mehrstündige Bewegung und leichte körperliche Arbeit ausgeführt. Die Ernährung war folgende: Morgens stets Milchkaffee mit 1

bis 2 Semmeln, um 10 und mittags um 4 Uhr Brot, sodann am ersten Tag mittags Suppe, Rindfleisch, Kartoffeln und Bohnen, abends Wurst und Kartoffeln; am zweiten Tag mittags Suppe, Mehlspeise und grüner Salat, abends Suppe, Wurst und Brot; am dritten Tag mittags Suppe, Schweinefleisch, Kartoffeln, abends Suppe, Fleisch, Nudeln und grüner Salat; am vierten Tag mittags Suppe, Leber und Kartoffeln, abends Suppe, Wurst und Brot; am fünften Tag mittags Suppe, Fleisch und Kartoffeln, abends Leber und grüner Salat. Bei zwei von den beteiligten Personen war der Fleischkonsum durchweg höher als bei den übrigen. Dazu wurde per Kopf und Tag 1—1 $^1/_2$ l Bier und $^1/_2$ l Äpfelwein getrunken und nebenbei etwas Obst gegessen.

Es wurde demnach an allen Tagen gemischte Kost genossen und durchschnittlich etwas über 2500 ccm Flüssigkeit zugeführt.

2. Einige Wochen später wurde diese Untersuchung wiederholt, und zwar an den drei Tagen hintereinander gesammelten Mischurinen von acht gesunden Männern im Alter von 25 bis 50 Jahren. Die Verköstigung war am ersten Tag mittags Suppe, Mehlspeise und grüner Salat, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln; am zweiten Tag mittags Suppe, Fleisch und Kartoffeln, abends Suppe, Nudeln und grüner Salat; am dritten Tag mittags Suppe, Leber und grüner Salat, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln; im übrigen genau wie oben.

3. Schliefslich habe ich an einem Tag meinen Urin aufgefangen und analysiert. Die Zufuhr betrug morgens Kaffee, eine Semmel, mittags Suppe, Fisch, Braten, Kartoffeln, wenig Obst, Kaffee; abends Fleisch, Brot, Thee; dazu etwa 1 l Bier.

Die Resultate der 3 Versuchsreihen sind in den Tabellen I und II zusammengestellt.

Von den Mittelzahlen weichen die Beobachtungen an den einzelnen Tagen, wie man sieht, verhältnismäfsig wenig ab, insbesondere gilt dies von den relativen Werten. So schwanken die relativen Ammoniakwerte nur zwischen 4,6 und 5,4. Klare Beziehungen zwischen der allerdings ziemlich gleichmäfsigen Beschaffenheit der Zufuhr einerseits, der relativen Ammoniakausscheidung und Acidität des Urins anderseits lassen sich nicht

Tabelle I.
Durchschnittliche 24stündige Ausscheidung als Mittelwert einer Person berechnet.

Versuchsreihe	Versuchstag	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe Harnstoff-N	Harnstoffgruppe Ammon-N	P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 in sauren Salzen
I	1	2010	1017	14,41	12,66	0,71	2,85	1,65
					13,37			
	2	2295	1014	12,95	11,02	0,69	2,48	1,47
					11,71			
	3	2145	1017,5	14,68	12,56	0,79	3,14	1,88
					13,35			
	4	1960	1018	13,03	11,30	0,64	3,04	1,72
					11,94			
	5	2130	1016	13,57	11,44	0,64	2,76	1,57
					12,08			
II	1	2490	1016,5	16,6	13,94	0,85	3,19	2,06
					14,79			
	2	2005	1018	14,2	12,05	0,68	2,94	1,69
					12,73			
	3	2500	1014	14,1	11,85	0,67	2,85	1,82
					12,52			
III	1	2000	1017,5	17,14	14,89	0,85	2,74	1,46
					15,74			
Mittel		**2170**	**1017**	**14,52**	**12,412**	**0,724**	**2,89**	**1,70**
					13,14			

nachweisen, während sich die absolute Ammoniakausscheidung als in hohem Maſse abhängig zeigt von der Eiweiſszersetzung und demnach auch von der Eiweiſszufuhr. Aus einer Vermehrung der absoluten Ammoniakausscheidung ohne gleichzeitige Berücksichtigung des Gesamtstickstoffes auf pathologische Prozesse im Körper zu schlieſsen, wie dies vielfach geschieht, ist also unstatthaft, es wäre denn im Falle einer extremen Vermehrung der absoluten Ammoniakausscheidung etwa von 1,5 g täglich an, was beim Gesunden einer Ausscheidung von 30 g Gesamtstickstoff entspricht. Eine Steigerung des relativen Ammoniakgehalts dagegen beweist, daſs die Synthese des Harnstoffs im Sinne Schmiedebergs eine Störung erlitten hat.

Tabelle II.

Relative Werte.

Versuchsreihe	Versuchstag	Auf 100 Gesamt-N kommen Harnstoff-N	Ammon-N	P_2O_5	Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
I	1	87,9	4,9	20	58
	2	85,4	5,3	19	59
	3	85,4	5,4	21	60
	4	86,8	4,9	23	58
	5	84,6	4,7	20	57
II	1	84,0	5,1	19	65
	2	84,8	4,8	20	57
	3	84,0	4,6	20	64
III	1	86,2	5,0	16	53
Mittel		85,5	5,0	20	59
		90,5			

Serie II. **Urine jugendlicher Individuen.**

1. Es wurden zunächst vier Tage nacheinander die 24stündigen Urine von vier männlichen Personen im Alter von 14—19 Jahren gesammelt, welche wegen leichter Gelenksteifigkeiten infolge von Frakturen u. s. w. in Behandlung standen. Die Urine des zweiten und dritten Tages waren leicht trübe. Ihre Ernährung war folgende: Morgens Kaffee mit 1—2 Semmeln, um 10 Uhr und 4 Uhr mittags Brot, ferner am ersten Tage mittags Suppe und Mehlspeise, abends Wurst und Kartoffeln; am zweiten Tage mittags Suppe, Schweinefleisch und Kartoffeln, abends Suppe, Nudeln und grünen Salat; am dritten Tage mittags Suppe, Leber und grünen Salat, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln; am vierten Tage mittags Suppe, Fleisch, Linsen und Kartoffeln, abends Suppe, Leber und grünen Salat. Dazu wurde per Kopf und Tag ungefähr $^1/_2$ l Bier und $^1/_2$ l Apfelwein getrunken.

2. Sodann wurde eine fünftägige Versuchsreihe an fünf 17jährigen gesunden Jünglingen, Zöglingen eines mit Internat verbundenen Gymnasiums ausgeführt. Die Ernährung derselben

war, wie folgt: Morgens täglich Milchkaffee und Semmel, am ersten Tag mittags Suppe, Rindfleisch, Kartoffeln und Himbeeren, abends Suppe, Wurst, Mehlspeise; am zweiten Tage mittags Suppe, Schweinefleisch, Kartoffeln, Bohnen, abends Suppe, Leberwurst und Kartoffeln; am dritten Tage mittags Suppe, Leber und Kartoffeln, abends Suppe, Rindfleisch und Kartoffeln; am vierten Tage mittags Suppe, Rindfleisch, Mehlspeise und Obst, abends Suppe, Mehlspeise und Kartoffeln; am fünften Tage mittags Suppe, Schweinefleisch, Mehlspeise, Kohl, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln. Dazu verzehrte jede Person noch 500 g Brot täglich. Das Getränke bestand in Kaffee, Bier und Wasser, sowie in Fruchtsäften, die von 3 Abstinenzlern genossen wurden.

Die Resultate der zwei Versuchsreihen sind in den folgenden Tabellen enthalten, die Mittelzahlen für Tab. III bis VIII in Tabelle IX und X zusammengestellt.

Tabelle III.

Durchschnittliche 24stündige Ausscheidung einer Person.

Versuchsreihe	Versuchstag	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe: Harnstoff-N	Harnstoffgruppe: Ammon-N	Harnstoffgruppe (Summe)	Puringruppe: Harnsäure-N	Puringruppe: Basen-N [1]	Puringruppe (Summe)	P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 i. sauren Salzen
1	1	1560	1015,5	9,11	7,41	0,55	7,96	—	—		1,75	1,08
	2	1800	1015	1,74	7,58	0,54	8,12	—	—		1,80	0,94
	3	1625	1014,5	8,52	7,07	0,58	7,65	—	—		1,81	1,12
	4	1425	1017	9,34	7,55	0,60	8,15	—	—		1,86	0,89
2	1	1130	1025,5	13,1	11,00	0,60	11,60	0,173	0,043	0,216	1,81	0,76
	2	1220	1026	12,9	10,98	0,62	11,60	0,180	0,032	0,212	1,76	0,72
	3	1470	1020	12,2	10,08	0,72	10,80	0,182	0,038	0,220	1,97	0,93
	4	1300	1024	12,0	10,02	0,68	10,70	0,182	0,026	0,208	1,82	0,84
	5	1380	1024	12,8	10,15	0,65	10.80	0,189	0,023	0.212	1,66	0,84

1) Aus der Differenz zwischen Purin-N und Harnsäure-N berechnet.

Tabelle IV. Relative Werte.

Versuchsreihe	Versuchstag	Auf 100 Gesamt-N kommen					Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
		Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5	
1	1	81,3	6,0	—	—	19,2	62
	2	77,8	5,5	—	—	18,5	52
	3	83,0	6,8	—	—	21,2	62
	4	80,8	6,4	—	—	19,9	48
2	1	84	4,6	1,65	1,32	14	42
	2	85	4,8	1,64	1.39	14	41
	3	82	5,9	1.80	1,49	16	44
	4	83	5,6	1,73	1,52	15	46
	5	83	5,1	1,66	1,48	13	51

Vergleicht man die Resultate der beiden Versuchsreihen, so zeigen sich recht erhebliche Unterschiede, besonders bei den Verhältniszahlen. Die Urine der 1. Reihe haben normale, die der 2. auffallend niedrige Acidität; zugleich ist bei den letzteren die verhältnismäfsige Ausscheidung von Ammoniak bedeutend geringer als bei den ersteren. Es scheint demnach der relative Wert von Ammoniak und saurer P_2O_5 in gleichem Sinn zu steigen und zu fallen, was aber, wie hier gleich bemerkt sein soll, durchaus nicht immer zutrifft. Auch sei darauf hingewiesen, dafs in der 2. Reihe die relative P_2O_5 erheblich niedriger ist als in der ersten. Diese Erscheinungen dürften, da andere Einwirkungen nicht zu erkennen waren, in der Verschiedenheit der Nahrungszufuhr ihre Erklärung finden und es liegt nahe, hierfür den erheblichen Konsum von Kartoffeln, Fruchtsäften und auch Brot bei Reihe 2 heranzuziehen. Letzteres wirkt allerdings nach Bunge[1]) nicht säurevermindernd wie die Kartoffeln und Fruchtsäfte, dagegen könnte infolge seines Gehalts an Kalksalzen der Harn ärmer an Phosphaten werden, welche, an Ca gebunden, durch den Darm ausscheiden.

Die kleinen relativen Harnstoffwerte in beiden Reihen sind durch den Reichtum der Kost an Vegetabilien zu erklären, wo-

1) Bunge, Lehrb. d. physiol. Chemie S. 347.

durch unter anderem vermehrte Bildung von Amidosäuren und infolgedessen Vergröſserung des Stickstoffrestes (Gesamtstickstoff weniger Stickstoff der Harnstoffgruppe) verursacht wird.

Bei dem Unterschied in der relativen Ammoniakausscheidung von erwachsenen Männern und Jünglingen war es von Interesse, auch bei Kindern derartige Beobachtungen anzustellen.

3. Es wurden zu diesem Zweck zwei Tage nacheinander die 24stündigen Urine zweier dreijähriger gesunder Knaben (Zwillinge) gesammelt. Ihre Ernährung war folgende: Morgens an beiden Tagen $^1/_4$ l Milch und Weiſsbrot, um 10 Uhr und mittags 4 Uhr Brot mit etwas Butter, dazu am ersten Tag mittags Suppe, Hackbraten, Kartoffeln und Gemüse, abends Ei und Brot; am zweiten Tag mittags Suppe, Griespudding und Obst, abends Fleisch und Butterbrot. Auſserdem bekamen die Kinder jeden Tag in der Zwischenzeit etwas Obst und reichlich Wasser. Am ersten, sehr heiſsen Tag wurde reichlich gegangen, weniger am zweiten kühlen Tag.

4. Ferner wurden während zweier Tage die 24stündige Ausscheidung von vier dreijährigen gesunden Kindern (zwei Knaben, zwei Mädchen) aufgefangen. Jedes der Kinder konsumierte pro Tag ungefähr 1 l Milch, dazu noch geringe Mengen gemischter Kost (etwas Fleisch, Ei, Brot und Gemüse). Die Gesamturinmenge aller vier Kinder betrug am 1. Tag 1920 ccm, am 2. 1830, das specifische Gewicht am 1. Tag 1022, am 2. 1023.

Die Resultate beider Versuchsreihen sind in den Tabellen V und VI zusammengestellt.

Tabelle V.

Durchschnittliche 24stündige Ausfuhr eines Kindes.

Versuchsreihe	Versuchstag	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		Puringruppe		P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 i. sauren Salzen
					Harnstoff-N	Ammon-N	Harnsäure-N	Basen-N		
3	1	410	1019,5	3,89	3,32	0,28	—	—	0,65	0,35
					3,60					
	2	600	1014	4,34	3,67	0,35	—	—	0,74	0,41
					4,02					
4	Misch. von 2 Tagen	470	1022,5	5,52	4,80	0,29	0,065	0,013	1,08	0,64
					5,09		0,078			

Tabelle VI.
Relative Werte.

Versuchsreihe	Versuchstag	Auf 100 Gesamt-N kommen					Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
		Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5	
3	1	85,3	7,3	—	—	17	54
	2	84,6	8,0	—	—	17	55
4	Mischung von 2 Tagen	86,9	5,3	1,41	1,18	19	59

Ein Vergleich der beiden Versuchsreihen ergiebt erhebliche Unterschiede, welche zweifellos auf dieselbe Weise, wie bei Reihe 1 und 2, nämlich durch die Verschiedenheit der Kostform, insbesondere durch die reichliche Milchzufuhr in Reihe 4, erklärt werden müssen.

Untersuchungen an noch jüngeren Individuen stehen mir nicht zu Gebote. Ich führe daher zwei hierher gehörige, von meinem Vater ausgeführte Analysen an.

5. Urin eines $5^1/_2$ Monate alten Muttermilchsäuglings. Da die 24stündige Sammlung nicht vollständig gelang, gebe ich hier nur die relativen Werte.

Tabelle VII.

Auf 100 Gesamt-N kommen				Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	P_2O_5	
79	8	4,5	16	61

6. Urin eines 8 Monate alten Kuhmilchkindes. Die 24stündige Sammlung ist ebenfalls nicht vollständig gelungen. Die Verhältniszahlen waren folgende:

Tabelle VIII.

Auf 100 Gesamt-N kommen					Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
Harnstoff-N	Ammon-N	Harnsäure-N	Basen-N	P_2O_5	
84	5,2	0,98	0,07	28	78

Die Urine 5 und 6 sind demnach sehr verschiedenartig zusammengesetzt, was wiederum zweifellos mit der Art der Ernährung zusammenhängt; denn auch diese zeigt nicht geringe Unterschiede. Bei etwa gleichem Calorienwert enthalten 100 ccm Frauenmilch im 4.—5. Monat der Laktation, verglichen mit 100 ccm Kuhmilch, etwa $^1/_4$ des Caseïns der letzteren, knapp $^1/_3$ der Asche, nur etwa $^1/_5$ von ihren Erdalkalien und P_2O_5, dagegen doppelt so viel von unbekannten, zum Teil stickstoffhaltigen Substanzen. Der hohe relative Wert des Purinstickstoffs bei Reihe 5 ist zweifellos den stickstoffhaltigen Extraktivstoffen der Frauenmilch, der hohe relative Wert von P_2O_5 bei Reihe 6 dem hohen Gehalt der Kuhmilch an Caseïn und vielleicht auch an mineralischer P_2O_5 zuzuschreiben. Unaufgeklärt bleibt der hohe relative Ammoniakgehalt des Muttermilchurins, doch möchte ich darauf hinweisen, dafs aufser den reichlich Kuhmilch trinkenden Kindern der Reihe 4 und den reichlich Kartoffeln, Fruchtsäfte und Brot konsumierenden Jünglingen der Reihe 2 alle jugendlichen Individuen hohe relative Ammonwerte zeigten.

Zur besseren Übersicht stelle ich in den Tabellen IX und X auf S. 26 die Durchschnittswerte der bisherigen Versuchsreihen zusammen:

Nachdem die Gründe für die Verschiedenheit der Resultate bei den einzelnen Versuchsreihen der jugendlichen Individuen besprochen worden sind, war es in Tabelle X gestattet, zum Vergleich der verschiedenen Altersklassen Mittel aus denselben zu ziehen. Es zeigte sich dabei ein deutliches Abfallen der relativen Ammoniakwerte mit zunehmendem Lebensalter. Diese Erscheinung ist wohl zum Teil durch den Unterschied der Ernährung in den verschiedenen Lebensaltern zu erklären; doch halte ich es für wahrscheinlich, dafs hier eine charakteristische Eigentümlichkeit des kindlichen und jugendlichen Körpers zu Tage tritt, welche im Wachstum ihre Erklärung findet und zwar liegt es nahe, an die Retention besonders von Erdalkalien im wachsenden Körper zum Zweck der Knochenbildung zu denken,

Tabelle IX.

Absolute 24stündige Werte.

	Reihe	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		Puringruppe		P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 i. sauren Salzen
					Harnstoff-N	Ammon-N	Harnsäure-N	Basen-N		
Erwachs. Männer		2170	1017	14.52	12,412	0,724	—	—	2,89	1.70
					13,136					
Jünglinge	1	1600	1015,5	9,18	7.40	0,57	—	—	1,80	1.01
					7,97					
	2	1300	1024	12,6	10.45	0.65	0.181	0.033	1,80	0,82
					11,1		0,214			
Kinder	3	505	1016,5	4,12	3,50	0,31	—	—	0,70	0,38
					3.81		—			
	4	470	1022.5	5,52	4.79	0,29	0,065	0,013	1,08	0,64
					5,08		0,078			

Tabelle X.

Relative Werte.

	Reihe	Auf 100 Gesamt-N kommen					Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen	Kost
		Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5		
Erw. Männer		85,5	5,0	—	—	20	59	Gemischt
Jünglinge	1	80,6	6,2	—	—	19,6	56	Gemischt
	2	83	5,2	1.69	1,44	14,3	45	Gemischt, dazu reichlich Kartoffeln u. Brot
	Mitt.	81,8	5,7	—	—	16.9	50	
Kinder	3	84,9	7,6	—	—	17	56	Gemischt
	4	86,9	5,3	1,41	1.18	19	59	Gemischt, dazu reichlich Milch
	Mitt.	85,9	6,4	—	—	18	57	
Säuglinge	5	79	8	4,50	—	16	61	Muttermilch
	6	84	5,2	1,05	0,98	28	78	Kuhmilch
	Mitt.	81,5	6,6	2,77	—	22	69	

denn es beträgt nach unseren neuen Ermittelungen[1]), z. B. beim Muttermilchsäugling in der zehnten Woche die Retention von Mineralbestandteilen überhaupt mindestens 50% der Zufuhr, und noch viel mehr bei den Erdalkalien insbesondere. Weitere

1) Diese Zeitschr. Bd. 43 S. 10 u. 11.

Untersuchungen sind zur Aufklärung dieser Frage allerdings erwünscht, doch sei noch angeführt, dafs auch nach unseren pathologischen Befunden hohe relative Werte von Ammon-N, niedere relative Werte von Purin-N für das Kindesalter charakteristisch sind.[1])

Serie III. **Urinbestandteile im Laufe der 24 Tagesstunden.**

Über den Verlauf der Ammoniakausscheidung innerhalb der 24 Tagesstunden sind meines Wissens bisher keine Untersuchungen angestellt worden. Da die Ausscheidung von Harnstoff, Purinkörpern und Extraktivstoffen[2]) bekanntlich je nach Tageszeit sehr verschieden ist, indem sie zeitlich von der Nahrungszufuhr abhängt, schien es von Interesse, diese Frage auch hier für die Ammoniakausscheidung zu prüfen.

1. Es wurde zu diesem Zweck der 24stündige Urin von sechs erwachsenen Personen, drei Männern und drei Frauen, in sechs Portionen aufgefangen, und zwar dauerte die erste Sammlungsperiode von 6—11 Uhr morgens, die zweite von 11—3 Uhr mittags, die dritte von 3—7 Uhr, die vierte von 7—10 Uhr abends, die fünfte von 10—2 Uhr nachts und die sechste von 2—6 Uhr morgens.

Zu Beginn des Versuches, morgens 6 Uhr, wurde die Blase entleert, desgleichen bei Beendigung jeder Sammlungsperiode. Alle Versuchspersonen afsen an demselben Tisch, jedoch nach freier Wahl unter den Speisen. Die Ernährung war folgende: 6 Uhr morgens Milchkaffee mit Weifsbrot; um 11 Uhr Suppe, Zunge, Maccaroni, Kartoffeln, Chokoladegriespudding; um 3 Uhr Milchkaffee mit Weifsbrot; um 7 Uhr abends Fleisch, Eier, Kartoffeln, Brot, Thee, Bier. Von 10—2 und 2—6 Uhr

---

1) Eine willkommene Bestätigung hat meine Auffassung, Ammon-N betreffend, gefunden durch eine mir nach Fertigstellung des Manuskriptes zugegangene Arbeit Pfaundlers. Darnach beträgt der mittlere relative Ammon-N bei gesunden Säuglingen im ersten Halbjahr des Lebens 14 %, im zweiten Halbjahr 6,3 %, bei atrophischen Säuglingen im ersten Halbjahr erhielt Pfaundler als Mittelwert 17 %. Jahrbuch für Kinderheilkunde Bd. 54 S. 315.

2) Camerer, Diese Zeitschr. Bd. 24 S. 311 und Bd. 26 S. 109.

wurde keine Nahrung zugeführt. An dem Tag vor der Sammlung wurden reichlich Eier gegessen.

Es betrugen die absoluten Werte im Mittel für eine Person:

Tabelle XI.

	Urin-menge	Spec. Ge-wicht	Ge-samt-N	Harnstoff-gruppe: Harn-stoff-N	Harnstoff-gruppe: Am-mon-N	Purin-N	P_2O_5 insge-samt	P_2O_5 in sauren Salzen
Periode I	405	1011	2,50	2.11	0,124	0.043	0,296	0.206
				2,23				
» II	247	1017	2,33	1.90	0,097	0,045	0,320	0,237
				2,00				
» III	392	1011	2.34	1.97	0,108	0,037	0,345	0,251
				2.08				
» IV	344	1007	1,70	1,38	0.079	0,030	0.282	0.210
				1,46				
» V	249	1015	2,23	1,89	0,103	0,042	0,306	0,179
				1,99				
» VI	185	1015	1,93	1,63	0,110	0.034	0,289	0,200
				1,74				
Summe = 24 st. Aussch.	1822	1013,5	13,03	10 87	0,621	0,231	1,838	1,283
				11,49				

Hieraus berechnen sich folgende stündliche Werte:

Tabelle XII.

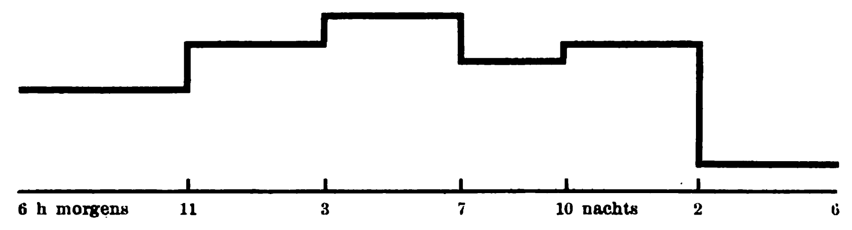
	Urin-menge	Ge-samt-N	Harnstoffgruppe: Harn-stoff-N	Harnstoffgruppe: Am-mon-N	Purin-N	P_2O_5 ins-gesamt	P_2O_5 in sauren Salzen
Periode I	85	0.526	0,444	0,026	0,008	0,062	0,043
			0,469				
» II	62	0,582	0.476	0,024	0.011	0,080	0,059
			0,499				
» III	98	0.586	0.493	0,027	0,009	0,086	0,063
			0,519				
» IV	115	0.565	0.460	0,026	0,010	0,094	0,070
			0,487				
» V	62	0.558	0,472	0,026	0,010	0,076	0,045
			0,498				
» VI	43	0,455	0.383	0,026	0,008	0,068	0,047
			0,409				
Mittel	76	0,545	0,453	0,026	0,0093	0,078	0,054
			0,480				

Daraus folgen die Verhältniszahlen:

Tabelle XIII.

	Auf 100 Gesamt-N kommen				Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
	Harnst.-N	Ammon-N	Purin-N	P_2O_5	
Periode I	84,1	5,0	1,72	12	70
» II	81,6	4,1	1,93	14	74
» III	84,2	4,6	1,57	15	73
» IV	81,4	4,6	1,76	17	71
» V	84,7	4,6	1,88	14	80
» VI	84,4	5,7	1,76	15	69
Mittel	83,4	4,9	1,78	14	72

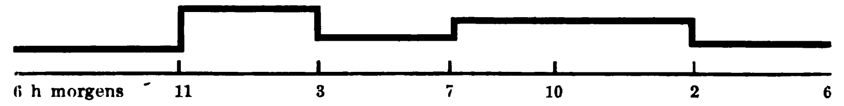
Was nun zunächst die Schwankungen in der stündlichen Harnstoffausscheidung anbelangt, so ist diese am niedrigsten von 2—6 Uhr morgens bei ruhender Verdauung, steigt dann nach dem Frühstück in Periode I und weiter nach Einnahme des Mittagessens in Periode II erheblich an, um in Periode III ca. 5 Stunden nach eingenommener Mittagsmahlzeit ihr Maximum zu erreichen. Hierauf sinkt sie in Periode IV wieder deutlich ab, um in Periode V, ca. 5 Stunden nach dem Abendessen sich zu einem neuen Gipfel zu erheben. Darauf erfolgt der Abfall zum Minimum in Periode VI.



Kurve der stündlichen Harnstoffausscheidung im Verlauf von 24 Stunden.

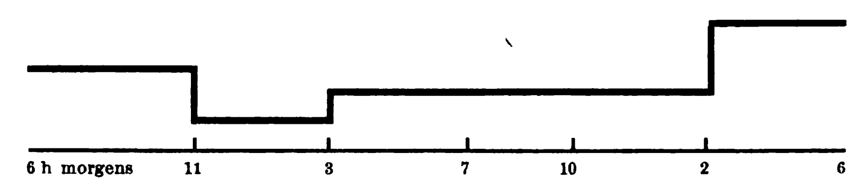
Die Ausscheidung des Purin-N zeigt geringere, doch immerhin deutlich erkennbare gesetzmäfsige Schwankungen. Sie ist am niedrigsten bei ruhender Verdauung und zur Zeit des purinarmen, leichten Frühstücks in den Perioden VI und I, steigt dann nach dem Mittagessen in Periode II zum Maximum an, um in Periode III wieder etwas zu sinken. Nach dem

reichlichen Abendessen steigt sie wieder zu mäfsiger Höhe an, um auch in der nächsten Periode auf derselben zu bleiben.



Kurve der stündlichen Purin-N-Ausscheidung im Verlauf von 24 Stunden.

Während die absolute (stündliche) Ammoniakausscheidung innerhalb der 24 Tagesstunden nur sehr wenig differiert, zeigen die relativen Ammoniakwerte recht erhebliche gesetzmäfsige Schwankungen. In Periode VI bei ruhender Verdauung am höchsten, sinkt das Ammoniakverhältnis mit dem Frühstück ab und erreicht sein Minimum nach dem Mittagessen in Periode II. Darauf folgt wieder ein leichtes Ansteigen in Periode III, und von da ab bleiben die Werte auch in Periode IV und V konstant.



Kurve der relativen Ammoniakausscheidung im Verlauf von 24 Stunden.

2. Um die Gesetzmäfsigkeit dieser Erscheinungen noch weiter zu prüfen, wurde bei vier erwachsenen, an demselben Tisch essenden Personen (2 Männer, 2 Frauen) der Urin unmittelbar nach dem Mittagessen von 12 ½—4 Uhr nachmittags und an dem darauffolgenden Morgen von 2 Uhr nachts bis 7 Uhr morgens gesammelt. Die Ernährung war folgende: mittags 12 ½ Uhr Hirnsuppe, Kalbsbraten, Spargeln, Kartoffeln, etwas Obst; nachmittags 3 ½ Uhr Milchkaffee; abends 7 ½ Uhr Fleisch, grüner Salat, Butterbrot, Thee, Bier.

3. Desgleichen wurde bei drei 17 jährigen Jünglingen der Urin von nachts 1 bis morgens 6 Uhr gesammelt, sowie am selben Tag von mittags 12 bis nachmittags 4 Uhr. Die Ernährung bestand am Vorabend in Thee, kaltem Fleisch und Butterbrot. Nach 7 Uhr abends wurde nichts mehr konsumiert.

Am Sammlungstag selbst bestand die Ernährung morgens in Milchkaffee mit 120 g Weifsbrot, um 10 Uhr 250 g Brot, mittags 12 Uhr Suppe, Rindfleisch, Pfannkuchen und grünem Gemüse.

In den folgenden Tabellen sind die Resultate der Versuchsreihen 2 und 3 zusammengestellt.

Tabelle XIV.

Durchschnittliche Ausscheidung einer Person:

Versuchsreihe	Zeit	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		Purin-N	P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 i. saur. Salzen
					Harnstoff-N	Ammon-N			
2	mittags $12^1/_2$—4 h	260	1016	1,66	—	0,062	—	0,372	0,229
					—				
	nachts 2—7 h	162	1017	1,39	—	0,081	—	0,246	0,170
					—				
3	nachts 1—6 h	180	1022	2,55	2,10	0,166	0,0339	0,382	0,227
					2,266				
	mittags 12—4 h	117	1027	1,47	1,21	0,09	0,0276	0,239	0,140
					1,30				

Tabelle XV.

Stündliche Ausscheidung einer Person:

Versuchsreihe	Zeit	Urinmenge	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		Purin-N	P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 i. saur. Salzen
				Harnstoff-N	Ammon-N			
2	mittags	74	0,470	—	0,018	—	0,106	0,065
				—				
	nachts	32	0,280	—	0,016	—	0,049	0,034
				—				
3	nachts	36	0,510	0,421	0,033	0,0068	0,076	0,045
				0,453				
	mittags	29	0,368	0,300	0,025	0,0069	0,060	0,035
				0,325				

Tabelle XVI.
Relative Werte:

Versuchsreihe	Zeit	Auf 100 Gesamt-N kommen Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	P_2O_5	Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
2	mittags	—	3,7	—	22	61
	nachts	—	5,8	—	18	69
3	nachts	82,5	6,5	1,33	15	59
	mittags	82,3	6,1	1,47	16	59

Es zeigt sich also in diesen beiden Versuchsreihen, insbesondere in der ersteren, die relative Ammoniakausscheidung bei ruhender Verdauung bedeutend höher als bei voller Verdauung nach dem Mittagessen.

Eine vollkommen befriedigende Erklärung für diese gesetzmäſsigen Schwankungen der relativen Ammoniakausscheidung läſst sich vorläufig noch nicht geben. Ob die Nahrungsaufnahme an sich schon eine Verminderung der relativen Ammonwerte herbeizuführen imstande ist, oder ob letztere nur von der Beschaffenheit der eingenommenen Nahrung, insbesondere deren Gehalt an Eiweiſs, Fett und Asche, sowie deren verschiedenen Resorptionsbedingungen abhängig ist, welche Rolle dabei die Bereitung der Verdauungssäfte spielt, ob schlieſslich noch andere Ursachen mit in Betracht kommen, das ist durch die vorliegenden Versuche nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Noch möchte ich hervorheben, daſs nach der Einführung der Nahrung in den Magen das Prozentverhältnis der sauren phosphorsauren Salze zu den Gesamtphosphaten, demnach auch die Urinacidität in keiner der 3 Versuchsreihen nennenswert abgefallen ist, was nach der gewöhnlichen Annahme (infolge der Magensalzsäurebildung) zu erwarten war, sondern daſs stets auſsergewöhnlich hohe Aciditätswerte bestanden. Zur Erklärung dieses Widerspruchs möchte ich darauf aufmerksam machen, daſs die bisherigen Aciditätsbestimmungen meist nach der wenig sicheren Methode der direkten Titration ausgeführt wurden, sowie daſs zweifellos das Verhalten der Urinacidität nach den Mahlzeiten

in hohem Maſse von der Beschaffenheit und Menge der zugeführten Speisen und Getränke abhängig ist.

In der That sinkt nach Untersuchungen meines Vaters bei dem Genuſs mancher Speisen, wie z. B. von Erbsen die Acidität erheblich. Dies wird verständlich durch neue Untersuchungen von Jürgensen und Justesen[1]), sowie von Pfaundler[2]), nach welchen sowohl die Menge als der H Cl-Gehalt des jeweils gebildeten Magensaftes in hohem Maſse von der Art der eingeführten Nahrung abhängt.

Der in 6 Portionen gewonnene 24stündige Urin der ersten Versuchsreihe wurde, wie oben erwähnt, von 3 Männern und 3 Frauen produziert. Da die Teilquantitäten für jedes Geschlecht getrennt aufgefangen wurden, gab die Summe von je 6 Portionen die 24stündige Entleerung für Männer und Frauen. Dieses Material wurde benutzt zur Untersuchung der Frage, ob etwa das Geschlecht einen Einfluſs auf die Ammoniakausscheidung habe. Über die Ernährung an dem Versuchstag ist oben berichtet.

Es betrug die 24stündige Ausscheidung, auf eine Person berechnet:

Tabelle XVII.

	Menge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe: Harnstoff-N	Harnstoffgruppe: Ammon-N	Purin-N	P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 in sauren Salzen
Männer	1644	1016	14,96	12,684	0,726	0,265	2,07	1,31
				13,41				
Frauen	2000	1011	10,80	8,99	0,550	0,186	1,56	1,14
				9,54				
Mittel	1822	1013,5	12,88	10,832	0,638	0,225	1,81	1,23
				11,47				

1) Jürgensen u. Justesen, Zeitschr. f. diätet. u. physikal. Therapie Bd. 3 S. 541.

2) Pfaundler, Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 9 S. 255.

Tabelle XVIII.
Relative Werte:

	Auf 100 Gesamt-N kommen				Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
	Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	P_2O_5	
Männer	84,6	4,8	1,77	14	63
Frauen	83,2	5,1	1,72	14	73
Mittel	84,1	4,9	1,75	14	68

Ein Unterschied nach dem Geschlecht läſst sich aus diesen Zahlen, wie zu erwarten war, nicht erkennen. Die verminderte Acidität des Urins gegenüber Tab. XIII kommt daher, daſs die Analysen für Tab. XVII und XVIII zuletzt gemacht wurden, als die Urine, allerdings desinficiert und in der Kälte mehrere Tage aufbewahrt waren.

Serie IV. **Fleischversuch.**

Wie aus den bisherigen Mitteilungen hervorgeht, ist der Einfluſs der Ernährung auf die Ammoniakausscheidung ein bedeutender; es war demnach zu erwarten, daſs derselbe bei einseitiger Nahrungszufuhr noch deutlicher zu Tage trete. In der That wird auf Grund der Arbeiten von Coranda, Gumlich u. a. angenommen, daſs bei animalischer Kost die Ammoniakausscheidung vermehrt, bei vegetabilischer vermindert sei, daſs demnach die erstere wie Zufuhr von Säure, die letztere wie Zufuhr von Alkalien wirke. Zur weiteren Prüfung dieser Verhältnisse habe ich an mir selbst folgenden Versuch angestellt: Es wurde 4 Tage nacheinander der 24stündige Urin gesammelt. Am ersten Tag konsumierte ich gemischte Kost, und zwar morgens Kaffee mit Semmel, mittags Suppe, Fisch, Braten, Kartoffeln, etwas Obst, abends Wurst, Brot und Butter; dazu $^1/_2$ l Wein und $^1/_4$ l Bier. Die Ernährung am 2. und 3. Tag war fast rein animalisch; ich verzehrte am 2. Tag morgens Kaffee mit zwei Eiern, mittags etwas Schleimsuppe, 300 g Kalbsbraten mit 20 g Kartoffeln, abends 220 g Beefsteak, ein Ei und 50 g Brot; dazu trank ich reichlich Kaffee, Thee und wenig

Wein; am 3. Tag morgens Kaffee mit zwei Eiern, mittags etwas Suppe, 300 g einer Mischung von Kalb- und Schweinefleisch, 50 g Kartoffeln, 30 g Obst, abends 200 g Kalbfleisch und zwei Eier; die Getränkezufuhr war wie am 2. Tag. Am 4. Tag wurde wieder gemischte Kost genossen und zwar fast dieselbe, wie am 1. Tag. Das am Tag 2 und 3 zugeführte Fleisch war von Fett möglichst befreit worden. An allen Versuchstagen hatte ich reichlich Bewegung, dazu war es sehr heifs; ich hatte an den Fleischtagen Unbehagen durch grofses Hitzegefühl und bekam in der Nacht vom 3. auf den 4. Versuchstag und am 4. Tag Durchfall.

Es betrug die 24stündige Ausscheidung:

Tabelle XIX.

	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 in sauren Salzen
				Harnstoff-N	Ammon-N		
Tag I Gemischte Kost	1770	1016,5	14,34	11,93	0,779	2,21	0,97
				12,71			
» II Animale Kost	2000	1019,5	20,42	18,62	0,900	3,5	1,3
				19,52			
» III Animale Kost	2500	1015	22,65	20,28	1,14	3,2	1,8
				21,42			
» IV Gemischte Kost	1000	1027,5	17,47	15,14	0,973	2,4	1,7
				16,11			

Hieraus folgen die relativen Werte:

Tabelle XX.

	Auf 100 Gesamt-N kommen			Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
	Harnstoff-N	Ammon-N	P_2O_5	
Tag I Gem. Kost	83,2	5,4	15	44
» II Animale K.	91,2	4,4	16	37
» III Animale K.	89,5	5,0	14	55
» IV Gem. Kost	86,7	5,6	14	70

Die starken Schwankungen in der Urinausscheidung erklären sich dadurch, dafs an den Tagen 2 und 3 die grofsen Quantitäten

trockenen Fleisches nur unter reichlichem Flüssigkeitskonsum bewältigt werden konnten, und durch den Durchfall am 4. Tag.

Was zunächst die Urinacidität anbelangt, so war diese an den 2 ersten Tagen auffallend niedrig, erreichte am 3. Tag knapp den Durchschnitt und stieg am letzten Tag über denselben hinaus. Es wurde also durch die animalische Kost nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, die Urinacidität erhöht, was auch schon Haufsmann[1]), der nach Lieblein arbeitete, gefunden hatte.

Die direkte Titration mit Lackmus ergab als Mittel mehrfacher Versuche für je 20 ccm Urin am Tag 1 0,7; Tag 2 0,6; Tag 3 0,6; Tag 4 2,3 ccm Laugeverbrauch ($^1/_4$ normal) bis zum Farbenumschlag. Diese Werte stimmen mit den Resultaten nach Lieblein nur sehr ungenügend überein.

Sehr deutlich ausgeprägt ist der Anstieg der relativen Harnstoffwerte an den Fleischtagen, deren Einflufs auch noch am 4. Tag deutlich zu erkennen ist. Eine weitere Besprechung und Erklärung dieser Erscheinung im Anschlufs an die Arbeit von Pfaundler[2]), über die Verteilung der stickstoffhaltigen Stoffe im Urin, wird von meinem Vater in dieser Zeitschrift Bd. 43 S. 76 gegeben werden.

Desgleichen zeigt sich eine deutliche, auch am 4. Tag noch nachweisbare Vermehrung der absoluten Ammoniakausscheidung an den Fleischtagen, während die relativen Werte durchaus nicht erhöht sind. Ebenso wenig war letzteres bei den Versuchen von Coranda[3]) und Gumlich[4]) zu beobachten. Gerhardt und Schlesinger[5]) dagegen fanden bei reiner Fleisch-Fettdiät bedeutende Steigerung der absoluten und relativen Ammoniakausscheidung und ist letzteres offenbar Folge der reichlichen Fettzufuhr. Eine derartige, ammonvermehrende Wirkung des Fetts wurde auch von Czerny und Keller[6]) nach-

1) Haufsmann, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 30, S. 350.

2) Pfaundler, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 30 S. 75 ff.

3) Coranda, Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmak. Bd. 12 S. 76.

4) Gumlich, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 17 S. 10.

5) Gerhardt u. Schlesinger, Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmak. Bd. 42 S. 83.

6) Czerny u. Keller, Centralbl. f. innere Med. Bd. 18 S. 801.

gewiesen. — Es zeigt sich also auch bei Fleischkost, wie oben bei gemischter Kost, dafs die Ausscheidung von Gesamtstickstoff und Ammoniakstickstoff annähernd parallel geht.

Serie V. **Säure- und Natronversuche.**

Nachdem in der vorhergehenden Versuchsreihe Zeichen von Übersäuerung des Körpers nicht aufgetreten waren, schien es von Interesse, die Wirkung von Säuregaben in dieser Richtung zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden 7 Tage hintereinander die 24stündigen Urine von fünf 17jährigen gesunden Jünglingen gesammelt. Am 2. Tag führte jede Versuchsperson 5, am 3. Tag 4 g officineller Salzsäure (25proz. H Cl) zu, rund = 0,03 Grammmolekel.

Die Nahrung war am 1. Tage Suppe, Fleisch, Mehlspeise; abends Wurst, Butterbrot; an den Tagen 2 bis 6 dieselbe wie bei Serie II, Versuchsreihe 2; am 7. Tag mittags Suppe, Rindfleisch, Maccaroni, Gurken, abends Suppe und Reisbrei.

Es betrug die 24stündige Ausscheidung, auf eine Person[1]) berechnet:

Tabelle XXI.

	Urinmenge	Spec. Gewicht	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 in sauren Salzen
				Harnstoff-N	Ammon-N				
Tag I	1500	1021	14,43	11,93	0,829	0,235	—	2,22	1,36
				12,76					
Tag II Säuretag	1330	1022,5	13,10	11,11	0,859	0,233	0,191	1,85	1,13
				11,97					
Tag III Säuretag	1830	1019	13,58	11,25	0,999	0,238	0,190	1,74	1,04
				12,25					
Tag IV	1390	1022,5	11,88	10,12	0,763	0,223	—	1,76	1,01
				10,88					
Tag V	1150	1025,5	11,80	10,28	0,639	0,192	—	1,56	0,92
				10,92					
Tag VI	1170	1025,5	12,55	11,02	0,704	0,208	—	1,53	0,85
				11,72					
Tag VII	1030	1025	11,61	10,23	0,613	0,194	—	1,53	0,87
				10,84					

1) Von den Versuchspersonen waren nur zwei dieselben wie in Serie II.

Hieraus folgen die relativen Werte:

Tabelle XXII.

	Auf 100 Gesamt-N kommen					Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
	Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5	
Tag I	82,7	5,7	1,60	—	15	61
Tag II Säuretag	84,7	6,6	1,74	1,46	14	61
Tag III Säuretag	81,4	7,3	1,71	1,40	13	60
Tag IV	85,2	6,4	1,83	-	15	57
» V	87,1	5,4	1,60	—	13	59
» VI	87,8	5,6	1,62	—	12	56
» VII	88,1	5,3	1,64	—	13	57

Was zunächst die absolute Ammoniakausscheidung anbetrifft, so zeigt diese am ersten, noch mehr aber am zweiten Säuretag eine Vermehrung. Dieselbe ist aber nur klein und z. B. niedriger als die an den Fleischtagen der vorhergehenden Serie. Dagegen ist an den zwei Säuretagen und an dem darauffolgenden Tag die relative Ammonausscheidung deutlich erhöht. Zu demselben Resultat kam Limbeck[1]) bei zwei Versuchsreihen, in deren ersterer drei Tage hintereinander je 10 g Milchsäure (25 % Säure enthaltend), und in deren zweiter je 10 g Salzsäure (13,4 %) zugeführt wurden; zugleich fand er, wie schon oben erwähnt, die Ausscheidung der fixen Alkalien im Urin an den Säuretagen sehr erheblich gesteigert. Aus diesem Befund zieht Limbeck den Schlufs, dafs der Mensch, was sein Verhalten gegen Säurezufuhr anbelangt, nicht zu den Carnivoren zu rechnen sei, sondern sich den Herbivoren nähere. In einem Versuch von Coranda[2]), in welchem bei gleichbleibender gemischter Kost zwei Tage nacheinander je 2,81 g Salzsäure zugeführt wurden, fand sich ebenfalls gesteigerte absolute und relative Ammoniakausscheidung.

Auf die Acidität des Urins, also auf das Verhältnis der sauern phosphorsauren Salze zu den Gesamtphosphaten hat die Säurezufuhr keine Einwirkung gezeigt, ein Befund, welchen mündlicher Mitteilung zufolge, auch Pfaundler gehabt hat.

1) Limbeck, a. a. O.
2) Coranda, a. a. O.

Als Gegensatz zu diesem Säureversuch wurde die Einwirkung von Alkaligaben auf die Acidose und Acidität untersucht, indem sechs Tage nacheinander die 24stündige Urinmenge von acht (am 1. Tage von neun) erwachsenen gesunden Männern bei gemischter Kost gesammelt und am 2. und 3. Versuchstag je 8 g Natron bicarbonicum pro Person (rund = 0,09 Grammmolekel) zugeführt wurden. Um den Konsum des letzteren zu erleichtern, wurden die 8 g mit 6,6 g Citronensäure in reichlich Wasser unter Zufügen von etwas Wein aufgelöst. Die Ernährung war folgende: Morgens Milchkaffee mit 1—2 Semmeln, um 10 und nachmittags 4 Uhr Brot, dazu am 1. Tag mittags Suppe, Fleisch und Kartoffeln, abends Suppe, Wurst und Brot; am 2. Tag mittags Suppe, Fleisch, Kraut und Kartoffeln, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln; am 3. Tag mittags Suppe, Mehlspeise und grüner Salat, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln; am 4. Tag mittags Suppe, Fleisch und Kartoffeln, abends Suppe, Fleisch und Nudeln; am 5. Tag mittags Suppe, Leber und Salat, abends Suppe, Wurst und Kartoffeln; ferner als Getränk täglich etwa $^1/_2$ l Apfelwein und 1—$1^1/_2$ l Bier.

Die 24stündige Ausscheidung für eine Person betrug:

Tabelle XXIII.

	Urinmenge	Spec. Gewicht	Reaktion	Gesamt-N	Harnstoffgruppe		P_2O_5 insgesamt	P_2O_5 in sauren Salzen
					Harnstoff-N	Ammon-N		
Tag I	2205	1015	sauer	12,3	10,73	0,62	2,70	1,51
					11,35			
Tag II Natrontag	1920	1017,5	amphoter	12,9	11,30	0,42	2,65	0,92
					11,72			
Tag III Natrontag	2160	1017,5	stark alkalisch	12,6	11,30	0,29	2,62	0,49
					11,59			
Tag IV	2540	1015,5	amphoter	13,4	11,50	0,45	2,85	1,07
					11,95			
Tag V	2330	1013,5	sauer	11,2	9,89	0,49	2,61	1,47
					10,38			
Tag VI	1925	1017	sauer	13,4	12,10	0,60	2,91	1,69
					12,70			

Hieraus berechnen sich folgende relative Werte:

Tabelle XXIV.

	Auf 100 Gesamt-N kommen			Auf 100 P_2O_5 kommen P_2O_5 in sauren Salzen
	Harnstoff-N	Ammon-N	P_2O_5	
Tag I	87,2	5,0	22	57
Tag II [1]) Natrontag	87,6	3,2	20	35
Tag III [2]) Natrontag	89,7	2,3	21	18
Tag IV	85,8	3,4	21	38
Tag V	88,3	4,7	23	56
Tag VI	90,6	4,5	22	58

Es ist demnach bei dem Natronversuch eine unzweideutige Einwirkung sowohl auf den relativen Ammoniakgehalt, als auch auf den relativen Gehalt an saurem P_2O_5 eingetreten, während die Säurezufuhr nur auf den Ammoniakgehalt eingewirkt hat. Bei allen übrigen Versuchen liefs sich ein Zusammenhang zwischen der Art der Ernährung, relativer Ammoniakausscheidung und Urinacidität nicht mit voller Sicherheit nachweisen. Auf eine Erklärung dieser auffallenden Erscheinungen mufs ich vorläufig verzichten. Aufmerksam gemacht sei auf die verhältnismäfsig lange Nachwirkung der Säure- und Natronzufuhr.

Von Beckmann-Stadelmann[3]) u. a. wurde beobachtet, dafs selbst bei lang fortgesetzter Überschwemmung des Körpers mit Alkali der Ammoniak aus dem Urin nicht verschwand. Man kann dies allerdings auffallend finden, allein ein näheres Eingehen auf die physiologischen Verhältnisse zeigt, dafs solches von vornherein zu erwarten war. Denn wenn die im Blut kreisenden Ammoniakverbindungen bei Alkalizufuhr auch an sich zur Umwandlung in Harnstoff (nach gewöhnlicher Annahme in der Leber)

1) Urin amphoter, klar.

2) Urin alkalisch, trüb.

3) Beckmann-Stadelmann, Einflufs der Alkalien auf den Stoffwechsel des Menschen. Stuttgart 1890, S. 52.

disponibel wären, so mufs doch aus dem durch die Nieren gehenden Blutquantum immer ein gewisser Teil des Ammons in die Nierenkanälchen diffundieren, demnach im Urin erscheinen. In diesem Verhalten suche ich auch eine der Ursachen, warum im allgemeinen der Ammoniakgehalt des Urins dem Gesamtstickstoff und Harnstoffstickstoff proportional geht. Dieselben Verhältnisse gelten noch für andere Bestandteile des Bluts, von denen ein Teil im Urin unverändert ausgeschieden, ein anderer im Körper verarbeitet wird, so z. B. für Harnsäure.

Serie VI. **Pathologische Ammoniakausscheidung.**

Die bisherigen Versuche haben ergeben, dafs die Ammoniakausscheidung bei Gesunden unter verschiedenen Verhältnissen zwar charakteristische Veränderungen zeigt, dafs dieselben aber nur gering sind. Viel gröfsere Abweichungen von der Norm findet man in Krankheiten, so namentlich bei Phosphorvergiftung und akuter gelber Leberatrophie, bei gewissen Darmkrankheiten und fieberhaften Infektionskrankheiten und vor allem bei Diabetes.

In den meisten Krankheitsfällen hat man die abnorm grofse relative Ammonausscheidung auf gestörte Leberfunktion oder Übersäuerung des Bluts, teils durch übermäfsige Bildung organischer Säuren, teils durch mangelhafte Oxydation solcher (z. B. Diabetes) zurückzuführen. Wenn auch nicht eigentlich in den Rahmen einer physiologischen Arbeit gehörend, seien einige hierher gehörende, besonders charakteristische Fälle von Diabetes kurz aufgeführt, deren ausführliche Beschreibung an anderer Stelle erfolgen wird.

1. Vierjähriges Mädchen, seit einem Jahr zuckerkrank. Die Ernährung während der folgenden Beobachtung bestand in der Hauptsache aus Fleisch, Ei und Rahm, etwas Milch, Wasser und Fett; Kohlehydrate wurden meist gar nicht, selten in geringer Menge zugeführt. Die 24stündige Urinmenge schwankte zwischen $^1/_2$ und 2 l, betrug aber meist gegen 1 l. Der Zuckergehalt schwankte zwischen 2 und 6 %; die absolute Zuckerausscheidung betrug durchschnittlich 20—30 g. Die mehrfach (nach Lieblein)

ausgeführten Aciditätsbestimmungen ergaben stets normale Werte. Das täglich durch Abdestillieren gewonnene Aceton betrug zwischen 2 und 3 g in 1000 Urin, die Acetessigsäurereaktion war immer stark.

Tabelle XXV. [1])

	1.*	2.	3.	4.*	5.	6.	7.	8.*	9.	10.*	11. Tag
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	1,97	7,44	4,64	5,32	4,15	4,79	4,91	6,25	4,27	7,31	3,29
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	0,58	0,91	1,50	1,95	1,36	1,27	1,41	1,71	1,39	2,13	1,33
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	29	13,5	32,4	36	34,5	26,4	28,6	26,2	32,5	29,1	25
Natronzufuhr . .	20	—	5	5	20	10	10	20	6	25	7

	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.*	19.	20.	21.	22.* T.
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	4,12	3,88	7,59	5,42	8,47	6,42	3,73	4,81	6,34	5,25	4,05
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	1,44	1,04	2,08	1,34	1,74	1,36	1,39	1,27	1,15	1,57	1,26
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	34,9	28,8	27,3	24,7	20,5	21,2	37,3	26,3	18,1	29,9	31,1
Natronzufuhr . .	12	7	6	8	8	6	10	6	6	6	5

	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.*	32.	33. Tag
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	4,56	4,95	5,95	5,26	5,11	4,37	6,07	6,57	6,17	4,86	4,01
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	1,22	1,32	1,60	1,23	0,91	1,00	1,08	1,57	1,54	1,47	1,16
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	26,8	27,8	26,8	23,3	17,8	22,9	18,0	20,9	38,3	30,0	28,8
Natronzufuhr . .	7	7	7	7	7	6	6	6	6	7	12

	34.	35.*	36.	37.	38.*	39.	40.*	41.	42.	43.	44. Tag
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	4,58	4,68	4,44	5,53	4,41	4,55	3,36	3,38	3,40	4,95	3,58
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	1,29	1,60	1,22	1,33	1,57	1,44	1,36	0,97	0,85	0,82	0,67
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	28,1	34,2	27,6	24,5	35,7	31,4	40,4	28,6	24,8	16,4	18,6
Natronzufuhr . .	6	10	9	6	8	10	12	3	5	5	—

1) An den mit * bezeichneten Tagen traten Comaanfälle auf.

Es erreichte demnach die absolute und noch mehr die relative Ammoniakausscheidung vielfach aufserordentlich hohe Werte, welche auch durch beträchtliche Gaben von Natron bicarbonicum nicht wesentlich beeinflufst wurden. Zwischen den häufigen Comaanfällen und den excessiven relativen Ammoniakwerten besteht ein deutlicher Zusammenhang; es war nicht selten möglich, aus der Gröfse der relativen Ammoniakausscheidung einen Anfall vorauszusagen. Die letzteren begannen mit grofser körperlicher und geistiger Unruhe, bald traten Bewufstseinstrübungen auf, die sich bis zur völligen Bewufstlosigkeit steigerten, die Atmung war vertieft und beschleunigt, die Herzaktion sehr schnell, die Temperatur stieg auf 39—40° an. Die Dauer derartiger Anfälle betrug meist 1—2 Tage; während der anfallsfreien Intervalle war das Kind körperlich und geistig munter.

2. Auch bei der folgenden Beobachtung zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Coma und der Höhe der relativen Ammoniakausscheidung.

Der Urin stammte von einem 19 jährigen, seit mehreren Jahren an Diabetes leidenden Mädchen. Erhöhung der relativen Ammoniaksekretion war früher nie beobachtet worden. Die Untersuchung auf Ammoniak begann am Ende eines mehrtägigen, von fieberhafter Angina eingeleiteten comaartigen Fieberanfalls. Etwas Natrium bicarbonicum wurde versucht, aber ungern genossen, die tägliche Menge ist nicht genau bekannt. Nach dem Ablauf des Anfalles hob sich das Befinden schnell wieder.

Tabelle XXVI.

		10.	13.	14.	15.	16.	19.
		Juni					
100 Urin enthalten	Gesamt-N	1,04	0,377	0,525	0,593	0,483	0,771
	Ammon-N	1,61	0,033	0,039	0,0398	0,0296	0,044
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N		15,4	8,7	7,4	6,7	6,1	5,9

3. 60 jährige, seit vielen Jahren diabetische Frau, welche zu Beginn der Beobachtung an grofser körperlicher Schwäche,

Appetitlosigkeit, Magenbeschwerden und nervösen Störungen litt, sich aber allmählich bedeutend erholte. Nach mehrmonatlichem zufriedenstellenden Befinden (2. Hälfte des Septembers bis Anfang März) verschlimmerte sich der Zustand allmählich wieder, und es trat im Frühjahr der Tod im Comaanfall ein. Die Urinmenge schwankte zwischen 2 und 4 l, der Zuckergehalt zwischen 2 und 6 %. Aceton und Acetessigsäure waren stets nachweisbar. Die Acidität (nach Lieblein) zeigte keine Abweichungen von der Norm. Der Kohlehydratkonsum betrug meist 30—50 g am Tag.

Die Analysen wurden vielfach an 2tägigen Mischurinen ausgeführt, wobei durch peinliche Sauberkeit und Desinfektion mit Tymol ammoniakalische Gärung verhindert wurde.

Tabelle XXVII.

	17.—18.	19.—20.	21.—22.	23.—24.	25.—26.	27.—29.
				August		
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	20,1	20,5	22,7	21,8	14,5	12,0
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	1,7	2,7	3,4	2,85	—	1,3
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	8,3	13,1	14,9	13,1	—	10,9
Natronzufuhr . .	—	20	20	20	15	—

	30.—31. Aug.	1.—2.	3.—4.	5.—7.	8.—11.	16.	17.	18.
				September				
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	13,3	15,9	16,9	17,4	19,9	20,3	19,5	19,1
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	1,6	1,6	1,9	2,0	2,7	2,2	1,9	1,4
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	12,0	10,0	11,2	11,5	13,5	10,5	9,7	7,3
Natronzufuhr . .	15	15	—	—	—	—	—	5

	19. Sept.	2.	3.	4.	18.	9. Jan.	15.	20.	17. April
			Dezember				März		
24stünd. Ausscheidung von Gesamt-N	22,0	—	—	—	—	—	—	—	—
24stünd. Ausscheidung von Ammon-N	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
Auf 100 Gesamt-N kommen Ammon-N	6,4	12,1	12,2	12,4	7,1	5,6	11,1	14,1	22,9
Natronzufuhr . .	10	—	—	—	10	10	10	10	—

Es war auch in diesem Fall ein Zusammenhang zwischen der relativen Ammoniakausscheidung und dem Zustand der Patientin wohl zu erkennen.

Die Ernährung mit Fleisch und Fett, die Natronzufuhr bei häufigen gleichzeitig bestehenden Verdauungsstörungen erschweren übrigens gerade beim Diabetiker die Deutung der Befunde ganz erheblich.

Über das Verhältnis von Stickstoff und Kohlenstoff im Säuglingsharn.

Von

Dr. **v. Oordt** in St. Blasien.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die Zusammensetzung der Harne nach verschiedener Fütterung wird unzweifelhaft wesentliche Unterschiede zeigen müssen; wir sind aber auch heute noch nicht so weit, über diese Verhältnisse Erschöpfendes sagen zu können. Es ist aber schon lange bekannt, dafs der Harnstoff zwar in allen Fällen beim Menschen, dem Fleischfresser etc. das Wesentlichste der Ausscheidungsprodukte darstellt, aber neben ihm kommen noch zahlreiche andere Produkte der regressiven Metamorphose vor. Voit hat bei seinen Beobachtungen am Hunde gefunden, dafs der Harn dieser Tiere mehr Kohlenstoff enthält, als aus dessen Harnstoffgehalt erklärt werden könnte; es ist, wenn man die Relation $\frac{C}{N}$ bildet, mehr C vorhanden als dem Harnstoff entspricht. Diese Angaben sind von allen späteren Beobachtern ausnahmslos bestätigt worden; es hat sich bei den Untersuchungen Rubners am Hunde auch eine nähere Erklärung für diese Befunde bringen lassen.

Am meisten nähert sich der Quotient $\frac{C}{N}$ bei reiner Eiweifsfütterung dem aus der Elementarformel des Harnstoffes abgeleiteten Werte. Beim Harn nach Fleischfütterung beeinflussen

den Quotienten die gröfstenteils unverändert ausgeschiedenen Extraktivstoffe in einer die Kohlenstoffmenge steigernden Art, und am reichsten an Kohlenstoff wird der Hungerharn. Die Quotienten Rubners[1]) waren:

	$\frac{C}{N}$
Harnstoff	0,429
Harn nach Eiweifsfütterung	0,532
» » Fleisch	0,610
Hungerharn	0,728.

Auch beim Kaninchen hat Rubner zuerst gezeigt, dafs ein Hungerzustand einen Quotienten liefert, der an die beim hungernden Hund gewonnenen Zahlen erinnert.[2]) Weiter hat er dargethan, dafs bei Tieren, welche Harnsäure ausscheiden, gleichfalls mehr Kohlenstoff sich findet als der Relation $\frac{C}{N}$ in der reinen Harnsäure entspricht.[3]) Auch für den Menschen gelten analoge Verhältnisse. Diese Quotienten sind, wie mir von Geheimrat Rubner mitgeteilt wird, in mehrfachen Wiederholungen bei demselben Tier und derselben Kostart auffallend konstant gefunden worden.

Bei den Harnstoff bildenden Organismen bewegen sich die Quotienten nahe um die Zahlen 0,6—0,8.

Als durch Rubner zum erstenmal auch die Verbrennungswärmen der verschiedenen Harne untersucht wurden, da zeigte sich, dafs der Quotient $\frac{C}{N}$ eine sehr grofse Übereinstimmung mit den Quotienten aufweist, welche man erhält, wenn man die Verbrennungswärme durch den N-Gehalt der Substanz teilt, denn diese Zahlen waren[4]):

	$\frac{C}{N}$	$\frac{\text{Wärme}}{N}$
Harnstoff	100	100
Harn nach Eiweifsfütterung	124	123
» » Fleischfütterung	142	138
Hungerharn	169	157.

1) Zeitschr. f. Biol. 1885, Bd. 21 S. 329.
2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 17 S. 228.
3) Zeitschr. f. Biol. Bd. 19 S. 356.
4) Zeitschr. f. Biol. Bd. 21 S. 330.

Diejenigen Verbindungen, welche demnach dem Harne als Kohlenstoff mehrende sich beifügen, sind demnach noch kompliziert zusammengesetzt, denn sie steigern die Verbrennungswärme des Harnes.

Der Harnstoff selbst ist an allen verschiedenartigen Harngemengen in regelmäfsiger wenn auch wechselnder Relation vorhanden.

Dies ging auch aufs evidenteste aus den thermischen Untersuchungen, welche Rubner mittels Bromlauge zuerst ausgeführt hat, hervor. Der Harnstoff läfst sich mittels Bromlauge in wässeriger Lösung verbrennen. Auf einen Teil N werden 7,05 Cal. frei, die Extraktivstoffe des Fleisches werden nur wenig durch Brom angegriffen. Für einen Teil N wurden folgende Wärmemengen beobachtet:

bei Fleischextrakt			1,869
» Harn nach	Fleischextraktfütterung		4,425
» » »	Hunger		5,470
» » »	Fleischzufuhr		5,727
» » »	Eiweifsfütterung		6,444.

Die durch Bromlauge spaltbaren Stoffe nehmen in demselben Mafse an Harn ab, wie der Kohlenstoffgehalt in der Verbrennungswärme im Harn zunimmt. Im Hungerharn trafen nur 73,3, im Fleischharn 80,1, im Harn nach Eiweifsfütterung 87,7 % durch Bromlauge abspaltbarer N auf 100 Teile Gesamtstickstoff. Es können also Stoffgemenge organischer Art, wie sie den Fleischextraktivstoffen entsprechen, in der That die eigenartigen Verschiebungen im Kohlenstoffgehalte und hinsichtlich der Verbrennungswärme mitbedingen. Damit ist nicht gesagt, dafs unter anderen Umständen der Ernährung, oder auch in den oben berührten das Resultat nicht auch von anderen, namentlich N-freien Körpern mit beeinflufst sein kann.

Bei der Untersuchung des Säuglingsharnes sind Heubner und Rubner mit der auffälligen Thatsache bekannt geworden, dafs dieser Harn eines normalen Kindes reichlich C enthält und eine höhere Verbrennungswärme aufweist als irgend ein anderer

Harn, der bisher beobachtet worden war. Auf einen Teil N trafen 126 Teile Kohlenstoffe und 12,1 Cal.[1]) an Verbrennungswärme; während, wie später von denselben Autoren gezeigt wurde, bei Kuhmilchkost auf 1 N im Harn nur 0,6 Kohlenstoff und 6,93 Cal. an Verbrennungswärme treffen.

Es trifft:

	an C	an Cal.
auf einen Teil N		
im Harnstoff	0,429	5,41
bei Kuhmilchkost	0,600	6,93
» Brustkindern	1,260	12,1
die Zuwüchse sind:		
Harnstoff	100	100
Kuhmilchkost	139	128
Brustkinder	294	224.

Die Verbrennungswärme steigt hier annähernd proportional nach dem Kohlenstoffgehalt, wie dies auch bei den Hundeversuchen Rubners der Fall war.

Rubner und Heubner liefsen dahingestellt, ob es sich dabei um ein einzelnes Vorkommnis oder um einen regelmäfsigen Befund bei Muttermilchkost handle. Für die Betrachtungen des Kraftwechsels spielt ja ohnedies der Kohlenstoff- wie Energiegehalt des Harns beim Kinde eine sehr untergeordnete Rolle, es konnte daher diese Frage nach einer Eigentümlichkeit des Säuglingsharns vorläufig offen gelassen werden.

Auf Veranlassung von Geheimrat Rubner habe ich es unternommen, bei zwei Kindern, welche mit Muttermilch genährt wurden, den Kohlenstoffgehalt des Harns zu prüfen. Der Harn der Säuglinge, welcher keine konservierenden Zusätze oder dergleichen erhalten hatte, wurde uns von seiten der Klinik des Herrn Geheimrats Heubner gefälligst überlassen, wofür ich an dieser Stelle meinen Dank ausspreche.

Die N-Bestimmungen sind nach Kjeldahl ausgeführt. Die C-Bestimmungen am frischen Harn nach Scholtz. Zuerst bestimmte ich von reinem Harnstoff die Verhältniszahlen N : C,

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 36 S. 54.

um methodische Fehler auszuschliefsen, dann von den 9 Harnen des Kindes Knipping, welches nur Brusternährung erhielt. Fall I[1]) betrifft das Kind Schaal, welches neben der Brustdarreichung noch 120 g Buttermilch erhielt. Die Generaltabelle enthält alle nötigen Angaben.

No.	Reaktion	Spec. Gewicht	N nach Kjeldahl in %	C-Gehalt in %	Quotient $\frac{C}{N}$
II	sauer	1003	0,119	0,109	0,919
III	»	1001	0,098	0,114	1,116
IV	»	1001	0,140	0,181	1,260
V	»	1003	0,161	0,201	1,240
VI	»	1003	0,154	0,189	1,199
VII	»	1002	0,140	0,187	1,335
VIII	»	1005	0,294	0,311	1,055
IX	»	1002	0,178	0,182	1,020
X	»	1005	0,350	0,351	1,003
I	»	1004	0,217	0,242	1,115

Der Harn war immer sauer, aber sehr verdünnt, zwischen 1,001—1,005 schwankend. Mit einer einzigen Ausnahme lagen alle Quotienten über 1. Das Gesamtmittel des Kindes Kn. ergiebt 1,127 als Quotienten, womit die von Heubner und Rubner gefundene Zahl sehr nahe übereingeht. Teilweise gehen meine Werte sogar wesentlich darüber hinaus. Der höchste war 1,335. Ordnet man sie nach den spezifischen Gewichten, so findet sich:

1,001 spez. Gew. Quotient: 1,188
1,002 » » » 1,177
1,003 » » » 1,119
1,005 » » » 1,044.

Es könnte demnach scheinen, als wenn die Konzentration der Harnausscheidung doch von einem gewissen Einflusse wäre, wenn schon die Differenzen ja nicht erhebliche genannt werden können.

---

1) Centralbl. f. innere Medicin 1897, No. 15 u. 16.

Kind Sch. zeigte bei Zugabe von Buttermilch zu Muttermilch einen ganz mit den bei reiner Brustnahrung beobachteten übereinstimmenden Quotienten.

An vier aufeinander folgenden Tagen bestimmte ich neben dem N nach Kjeldahl den N nach Hüfner, wobei im Mittel auf 240,5 mg N nach ersterer Methode, 214,7 mg N nach Hüfner kamen.

Also auf 100 N Kjeldahl 89,4 N nach Hüfner, was etwa einem Harn entspricht, wie er bei der Eiweifsfütterung entsteht. Es würde dies wohl mit der Annahme vereinbar sein, dafs die Milch der Brustkinder neben dem Eiweifs-N im engeren Sinn einen nicht zu vernachlässigenden Teil an N in Nichteiweifsstoffen enthält, worauf Camerer und Söldner zuerst aufmerksam gemacht haben, ein Punkt, der auch bei dem von Heubner und Rubner mitgeteilten Stoffwechselversuch näher festgestellt wurde.

Daraus folgt weiter, dafs es sich also im Säuglingsharn um die Beimengung N-freier Stoffe neben den sonstigen, dem Harn eigentümlichen Körpern handeln mufs.

Aber, wie schon die Versuche von Heubner und Rubner dargethan haben, und wie ich bestätigen kann, findet man weder Eiweifs noch Zucker in den Harnen.

Zur Regelung der Blutbestandteile bei Injektion hyperisotonischer Salzlösungen in die Blutbahn.

Von

S. A. van Leer.

Im Wochenblatt »Nederl. Tijdschrift v. Gen.« vom 17. August 1901 versucht Hijmans van den Bergh eine Erklärung zu geben von der Retention der Chloride bei den meisten akuten fieberhaften Krankheiten; während der Harn nur sehr wenig Chloride ausscheidet, ist auch im Blutplasma weniger zu finden als in der Norm. Was ist die Ursache, daſs soviel mehr NaCl aus dem Blute in die Gewebe hinübergetreten ist?

In dieser Zeitschrift 1890, Bd. 27, hat Hamburger Versuche publiziert, aus denen er u. a. schlieſst, daſs während durch die Injektion hyperisotonischer Salzlösungen in das Blut das wasseranziehende Vermögen des Plasmas des zurückgebliebenen Salzes wegen bedeutend hätte gestiegen sein müssen, unmittelbar nach der Injektion Na Cl, Na_2 SO_4, Na_2 CO_3, Eiweiſs, Wasser und wahrscheinlich auch andere Stoffe zusammenwirken, um durch gegenseitige Auswechslung die genannte Vermehrung zu kompensieren[1]). Magnus[2]) meint, daſs einer seiner vielen Versuche über Diurese dies bewähre und Hijmans v. d. B. hat auch zwei Versuche angestellt, woraus dasselbe hervorgehen würde, auch wenn vorher die Nieren exstirpiert sind. Es wurden hyperisotonische Na_2 SO_4-Lösungen injiciert und nicht allein verschwand sehr bald der gröſsere Teil des Na_2 SO_4, sondern auch sofort würden Na Cl, Na_2 CO_3 und Eiweiſsstoffe zusammenwirken, um durch ihr Hinaustreten aus der Blutflüssigkeit die Steigerung des osmotischen Druckes so viel wie möglich zu kompensieren (während auch das Wasser an der Kompensation einen bedeutenden Anteil hat)[3]). Bei den akuten fieberhaften Krankheiten ist der Stoffwechsel durch das Fieber erhöht, es treten mehr Stoffwechselprodukte

1) a. a. O. S. 304 und 305.
2) Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 1900, Bd. 44.
3) Hamburger, a. a. O. S. 291.

als gewöhnlich in die Blutbahn hinein, diese steigern den osmotischen Druck des Blutplasmas gleich wie das Na_2SO_4 in den genannten Versuchen und die Folgen müssen ebenfalls dieselben sein: Erniedrigung des NaCl-Gehaltes des Blutplasmas. In einer Kritik von E.[1]) macht dieser darauf aufmerksam:

1. Dafs seiner Meinung nach aus den Versuchen von Hijmans v.d. B. erhellt, dafs NaCl nicht in die Gewebe, sondern aus diesen ins Blut hineingetreten sei,
2. dafs die Stoffwechselprodukte zuerst den osmotischen Druck der Gewebe erhöhen und demnach die Schlufsfolgerung von Hijmans v. d. B. nicht richtig sei[2]).

Ad I erwidert Letztgenannter[3]), dafs, wenn man die Berechnung von E. auch für die Versuche von Hamburger und Magnus mache, auch in diesen nach der Injektion mehr NaCl im Blute zu finden sei als zuvor; dennoch hätten diese und er selber Recht, weil der Versuch von Magnus lehre, dafs nicht allein die eingespritzte Flüssigkeit die Blutbahn verlasse, sondern sogar das Blut eingedickt werde und noch mehr Wasser aus dem Blute in die Gewebe hineingehe.

Obengenanntes gab mir Anlafs, die erwähnten Mitteilungen zu untersuchen und zu sehen, ob wirklich bei Steigerung des osmotischen Druckes (durch Injektion von hyperisotonischen Na_2SO_4-Lösungen) $NaCl_1$, Na_2CO_3 und Eiweifsstoffe zusammenwirken, um durch ihr Hinaustreten aus der Blutflüssigkeit die genannte Steigerung so viel wie möglich zu kompensieren.

Im Versuch I von Hamburger werden einem Pferde 5 l einer 5proz. Na_2SO_4-Lösung in die V. jugularis eingegossen. Das Pferd wiegt 350 kg, enthält deshalb höchstens $\frac{350 \times 8}{100} = 28$ kg Blut und folglich ungefähr $28 \times {}^2/_3 = 18{,}7$ kg $= \pm$ 18 l Serum. Das Serum ist isotonisch mit einer 1,6proz. KNO_3-Lösung. Da nun die eingegossene Na_2SO_4-Lösung isotonisch ist mit einer 4,74proz. KNO_3-Lösung und 5 l infundiert sind, würde das Plasma ein wasseranziehendes Vermögen haben müssen von einer

1) Medisch weekblad voor N. en Z. Nederland 1901, Nr. 24.

2) In den Versuchen kommt die Na_2SO_4-Lösung nicht von den Geweben in die Blutbahn hinein, sondern von der Aufsenseite; die Gewebe, deren osmotischer Druck derselbe geblieben war, bilden dann ein Reservoir für die Salze des Blutes.

3) Medical weekblad voor N. en Z. Nederland 1901, Nr. 26.

$\frac{18 \times 1,6 + 5 \times 4,74}{18 + 5}$[1] $= 2,29$ proz. KNO_3-Lösung, wenn die Blutkörperchen und die Wände des Blutgefäfssystems vollkommen impermeabel wären. In verschiedenen Momenten wurden verschiedene Werte bestimmt; hieraus konnten wieder andere berechnet werden, wovon Tabelle I eine Übersicht gibt:

Tabelle I.

Zeit der Entleerung	Salpeterwert des Blutserums	Salpeterwert des Na_2SO_4 (des Blutserums)	Salpeterwert des NaCl (des Blutserums)
	%		
Vor der Injektion	1,6	Sehr klein	0,995
10 Min. nach der Injektion	1,68	0,293	0,925
30 » » »	1,6	0,113	0,947
1 Std. » » »	1,55	0,057	0,967
1½ » » » »	1,6	0,040	—
2 » » » »	1,5	0,03	0,980
24 » » » »	1,6	Sehr klein	—
44 » » » »	1,6	» »	—

Man sieht, dafs das NaCl nach der Injektion einen kleineren Salpeterwert hat, aber darf man hieraus schliefsen, dafs das Kochsalz aus der Blutbahn getreten sei und dadurch das wasseranziehende Vermögen des Plasmas soviel wie möglich kompensiere? Wenn Blutkörperchen und Blutgefäfswände vollkommen impermeabel wären, dann würde, wie Hamburger selber berechnet, das Serum einen Salpeterwert erhalten haben von $\frac{18 \times 1,6 + 5 \times 4,74}{18 + 5} = 2,29\,\%$. Das Serum wird verdünnt von 18 bis auf 23 l, der Salpeterwert hiervon wird demnach $\frac{18 \times 1,6}{18 + 5} = 1,252\,\%$; die 5 l Na_2SO_4-Lösung werden verdünnt auch bis auf 23 l, ihr Salpeterwert wird also $\frac{5 \times 4,74}{18 + 5} = 1,03\,\%$; die

1) Die mehrere Spaltung der Moleküle in Ionen bei zunehmender Verdünnung und die mindere Spaltung durch die Thatsache, dafs in Lösungen Salze, die ein gleiches Ion enthalten, ihre Dissociation gegenseitig herabsetzen, ist hier nicht berücksichtigt und wird auch später vernachlässigt werden.

Summe beider gibt uns den schon berechneten Gesamt-Salpeterwert des Serums 2,282 %.[1]) Weder Blutgefäſswände noch Blutkörperchen sind jedoch undurchgängig, Wasser und Salze verlassen mit Hülfe der Harnsekretion die Blutbahn, werden ausgetauscht mit den Geweben und als Folge sehen wir sehr bald den Salpeterwert des Serums vermindert. Wieviel davon auf Rechnung des Na_2SO_4 kommt, wieviel auf die ursprünglichen Plasmabestandteile, kann nur bestimmt werden, wenn man als Ausgangspunkt die oben berechneten Werte nimmt. In der aus Tabelle I von mir abgeleiteten Tabelle IA kommen dann auch diese Zahlen zur Vergleichung vor (Regel *b*):

Tabelle IA.

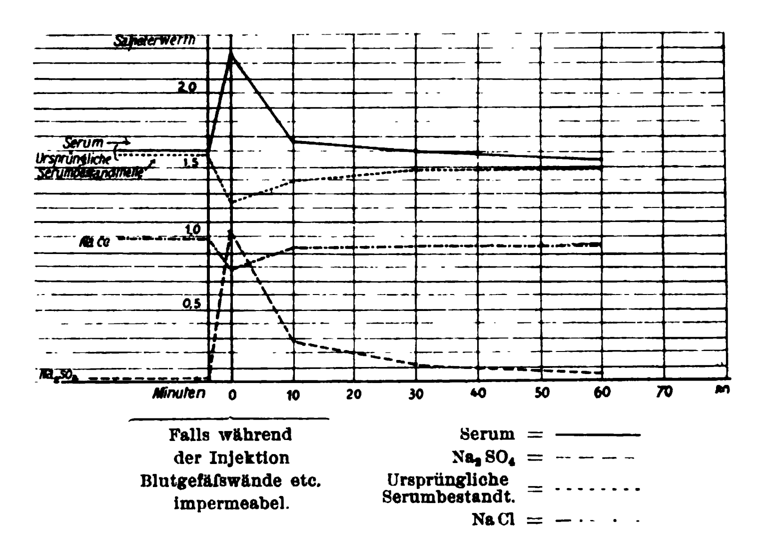
	Zeit der Entleerung	Salpeterwert			
		des Serums	des Na_2SO_4 (des Serums)	der ursprüngl. Serumbestandt.	des NaCl (des Serums)
a	Vor der Injektion	1,6	Sehr klein	1,6	0,995
b	Nach der Injektion (falls während dieser Gefäſswände etc. impermeabel)	2,282	1,03	1,252	0,779
c	10 Min. nach der Injektion .	1,68	0,293	1,387	0,925
d	30 » » » » .	1,6	0,113	1,487	0,947
e	1 Std. » » » .	1,55	0,057	1,493	0,967
f	1½ » » » »	1,6	0,040	1,560	—
g	2 » » » » .	1,5	0,03	1,47	0,980
h	24 » » » » .	1,6	Sehr klein	1,6	—
i	44 » » » » .	1,6	» »	1,6	—

Der Gesamt-Salpeterwert des Serums ist schon 10 Minuten nach der Injektion um 2,282 — 1,68 = 0,602 vermindert. Der Salpeterwert des Na_2SO_4 ist jedoch noch mehr vermindert, namentlich um 1,03 — 0,293 = 0,737 und folglich hat der Salpeterwert der ursprünglichen Serumbestandteile um 0,737 — 0,602

1) Für den osmotischen Druck gilt wie für den Gasdruck das Henry-Daltonsche Gesetz; folglich ist der osmotische Druck einer Lösung verschiedener Stoffe gleich der Summe der Drucke, welche die einzelnen Stoffe für sich allein in der Lösung ausüben würden.

= 0,135 zugenommen, wovon das NaCl um 0,925 — 0,779 = 0,146.[1]).

Stellt man Tabelle I A graphisch vor, dann erhält man folgende Kurven:



Die Ergebnisse des Versuches II (Pferd, 300 kg Gewicht, 14 l Blutserum, Injektion von 7 l 5 proz. Na_2SO_4-Lösung) sind zusammengestellt in

Tabelle II.

	Zeit der Entleerung	Salpeterwert des Serums	des Na_2SO_4 (des Serums)	der ursprüngl. Serumbestandteile	des NaCl (des Serums)	der Eiweifsstoffe (des Serums)	der Karbonate (des Serums)
a	Vor der Injektion . .	1,65	S. klein	1,65	1,06	0,23	0,074
b	Nach der Injektion (falls während dieser Gefäfswände etc. impermeabel)	2,68	1,58	1,10	0,707	0,153	0,049
c	10 Min. nach d. Injektion	1,75	0,31	1,44	0,872	0,179	0,068
d	30 » » » »	1,7	0,23	1,47	0,935	0,205	0,072
e	2 Std. » » »	1,65	0,075	1,575	1,01	0,242	0,072

1) Das NaCl würde um 0,146—0,135 = 0,011 mehr zugenommen haben als alle ursprünglichen Serumbestandteile zusammen; die anderen (Na_2CO_3, Eiweifsstoffe etc.) würden also um 0,011 vermindert sein. Hamburger

während auf dieselbe Weise Versuch III (Pferd, 300 kg Gewicht, 16 l Serum[1]), Injektion von 9 l einer 3,33proz. NaCl-Lösung) uns gibt:

Tabelle III.

	Zeit der Entleerung	Salpeterwert des Serums	der ursprüngl. Serumbestandteile	des injicierten NaCl	des Gesamt-NaCl (des Serums)	der Eiweifsstoffe (des Serums)	der Karbonate (des Serums)
a	Vor der Injektion . .	1,76	1,76	5,75	1,11	0,216	0,036
b	Nach der Injektion (falls während dieser Gefäfswände etc. impermeab.)	3,2	1,126	2,07	2,78[2]	0,188	0,023
c	10 Min. nach d. Injektion	1,93	—	—	1,38	0,167	0,031
d	30 » » » »	1,87	—	—	1,30	0,202	0,032
e	$1^1/_4$ Std. » » »	1,82	—	—	—	0,209	0,032
f	3 » » » »	1,76	—	—	1,31	0,223	0,034
g	40 » » » »	1,76	—	—	1,10	0,219	0,036

Die Ergebnisse beider Tabellen sind unzweideutig: infolge der Permeabilität der Gefäfswände nimmt der osmotische Druck des NaCl, der Eiweifsstoffe und der Karbonate des Serums nicht ab, wie Hamburger behauptet, sondern zu.

Woher der Irrtum Hamburgers? Bei der Berechnung des Gesamt-Salpeterwertes nach der Injektion bringt er wohl die Verdünnung der ursprünglichen Serumbestandteile in Rechnung, berechnet jedoch nicht jeden für sich. Mit anderen Worten — um den Irrtum mehr hervorzuheben — ist die Schlufsfolgerung Hamburgers z. B. aus dem Versuche II: Der Gesamt-Salpeter-

spricht nur von Spuren Na_2SO_4 im Blutserum vor der Injektion, deshalb konnte ich diese nicht in Rechnung bringen. *c*, *d*, etc. der ursprünglichen Serumbestandteile stellen diese vor ohne Na_2SO_4; *b*, derselben Spalte mit den Spuren Na_2SO_4. Der Unterschied zwischen *e* und *b* dieser Spalte ist also gröfser als hier berechnet werden kann. Jedenfalls finden wir in den Versuchen II und III von Hamburger die Karbonate und Eiweifsstoffe einzeln für sich bestimmt und kommen wir dort zu einem andern Schlufs.

1) Im Versuche II schätzt Hamburger die Menge Bluts auf 21 kg, im Versuche III auf 24 kg.

2) Salpeterwert des Gesamt-NaCl = injiciertes NaCl + ursprünglich vorhandenes NaCl $= \frac{9}{16+9} \times 5,75 + \frac{16}{16+9} \times 1,11 = 2,07 + 0,71 = 2,78.$

wert war vor der Injektion 1,65 (*a*); falls während dieser die Gefäfswände etc. impermeabel wären, würde er nach der Injektion bis auf 2,68 (*b*) gestiegen sein; die Gefäfswände etc. sind nicht impermeabel und zehn Minuten nach der Injektion ist der Salpeterwert schon 1,75 (*c*); also hat er abgenommen (von *b* bis auf *c*), es hat eine Kompensation stattgefunden. Die Salpeterwerte des NaCl, der Eiweifsstoffe, der Karbonate waren vor der Injektion resp. 1,06, 0,23 und 0,074 (*a*), zehn Minuten nach der Injektion sind sie 0,872, 0179 und 0,068 (*c*), folglich haben auch diese abgenommen (von *a* bis auf *c*) und ist ein Teil obengenannter Kompensation ihnen zu verdanken.

Der Irrtum dieser Schlufsfolgerung ist deshalb, dafs, wo eine Veränderung eintritt von *a* bis auf *b*, diese kompensiert werden kann durch eine Veränderung von *b* bis auf *c* und nicht von *a* bis auf *c*.[1])

Als weitere Ergebnisse dieser Versuche an Pferden können wir noch finden:

1. dafs unmittelbar nach der Injektion, sogar während derselben, bedeutende Harnabscheidung und dünne Defäkation eintritt[2]); ein Mehreres hierüber wird nicht mitgeteilt;

2. dafs innerhalb der Zeit von zwei Stunden das specifische Gewicht des Serums bis über das ursprüngliche gestiegen ist, und die Zahl der roten Blutkörperchen relativ vermehrt ist, dafs deshalb das Volumen des Blutplasmas und auch des Blutes nach dem erwähnten Zeitraume geringer ist als vor der Injektion.[3])

Wie ist die schnelle Verminderung des Na_2SO_4-Gehaltes in diesen Fällen und überhaupt die schnelle Regelung der Blutbestandteile zu erklären (wobei wir den grofsen Einflufs der Sekretion von Nieren und Darmwand aufser Betrachtung lassen)?

Erstens sei betont, dafs der osmotische Druck des Blutplasmas nur relativ konstant ist. Köppe[4]) stellte bei sich selbst

1) Die Tabellen von Hamburger sind auf eine andere Art eingerichtet und in diesen kommt Regel *b* nicht vor, was den Irrtum erläutert.

2) a. a. O. S. 284, 291 und 305.

3) a. a. O. S. 288 und 289.

4) Physikal. Chemie in der Medizin, S. 81—83.

verschiedene Untersuchungen an, wobei er möglichst gleichmäfsig lebte und fand:

Versuch	Zeit	Osmotischer Druck des Plasmas
1.	7. Dez. 9 h vormittags . .	0,235 g mol $^{0}/_{00}$
2.	12 » » . .	0,245 » » »
3.	1½ » nachmittags	0,257 » » »
4.	5¾ » »	0,232 » » »
5.	8. Dez. Nüchtern	0,255 » » »
6.	29. Jan. 9 h vormittags . .	0,225 » » »
7.	11¼ » » . .	0,242 » » »
8.	2 » nachmittags	0,27 » » »

Mit Hülfe noch mehrerer Untersuchungen kommt er zu der Schlufsfolgerung, dafs der osmotische Druck verschiedener Körperflüssigkeiten ein und desselben Individuums annähernd der gleiche sei, aber der osmotische Druck derselben Flüssigkeit nicht immer der gleiche bleibe. Die verschiedenen Körperflüssigkeiten streben also in Bezug auf den osmotischen Druck immer danach, miteinander ins Gleichgewicht zu kommen, und wiewohl infolge des grofsen Reibungswiderstandes, welchem gelöste Stoffe bei Bewegung in Flüssigkeiten unterliegen, ihre Diffusionskoëffizienten sehr klein sind, bietet das fliefsende Blut — durch die unzähligen Verzweigungen der Blutgefäfse und die aufserordentlich grofse Oberfläche, welche es dadurch erhält — die günstigsten Bedingungen zur gegenseitigen Auswechslung der verschiedenen Bestandteile an. Wo das Blutplasma nur der $^{1}/_{18}$ bis $^{1}/_{21}$ Teil des ganzen Körpers ist, kann es nicht befremden, dafs der osmotische Druck des Blutplasmas sich relativ schnell wieder herstellt, dafs eingespritzte Salze, ungeachtet der Sekretionsprozesse, auch durch Diffusion die Blutbahn relativ bald verlassen, dafs m. a. W. die Gewebe oder Gewebslymphe[1]) ein Depot bilden können für in die Blutbahn eingeführte Salze.

1) Es bleibt jedoch die Frage, inwiefern und unter welchen Umständen die Wände der Gewebszellen selbst für verschiedene Salze durchgängig sind.

Wird nun eine hyperisotonische Na_2SO_4-Lösung ins Blut gebracht, dann kommen 3 Prozesse in Betracht:

I. Filtration.

II. Diffusion.
- a) Eintritt von Wasser aus den Geweben in das Blut. — Folge des gesteigerten osm. Druckes des Plasmas.
- b) Eintritt von Chloriden, Eiweifsstoffen, Karbonaten etc. in das Blut. — Folge der Verdünnung dieser Stoffe.
- c) Austritt von Na_2SO_4.

III. Sekretion.[1])

Die Resultante dieser drei wird Menge und Zusammensetzung des Blutplasmas bestimmen.

Ein Mehreres über III, die Sekretion, ermitteln wir aus den Untersuchungen von Magnus, welche beschrieben sind im Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol., Bd. 44, 1900, und zwar in seiner II. Mitteilung: Vergleich der diuretischen Wirksamkeit isotonischer Salzlösungen. Aus diesen erhellt u. a., dafs infolge der Infusion von hyperisotonischen Salzlösungen in das Blut

1. eine enorme Harnsekretion stattfindet, welche das Wasser und einen grofsen Teil des eingeführten Salzes schnell entfernt,

2. ein anderer Teil dieses Salzes in die Gewebe tritt,

3. in den meisten Fällen Wasser aus den Geweben in das Blut geht.

Auch geht hervor, dafs die Niere leichter durchgängig ist für Glaubersalz als für Kochsalz, die Gefäfswand beiden Salzen gegenüber sich fast gleich verhält.

Wie stellt Magnus sich in Bezug auf die erwähnte Schlufsfolgerung von Hamburger? Er nimmt diese an[2]) und ist der Meinung, dafs einer seiner Versuche (Nr. 4) dieselbe bestätige, denn er berechnet, dafs, indem in diesem Versuche 63 g

1) Für sich selbst erwähnt, weil der Zusammenhang mit Filtration und Diffusion nicht hinreichend genug bekannt ist.

2) a. a. O. S. 417.

Flüssigkeit aus den Geweben in das Blut getreten sind, sich dagegen 0,4 g Na Cl in die Gewebe begeben haben.[1])

Zu gleicher Zeit sind 224 ccm Harn mit nur 0,058 % Na Cl (0,13 g) ausgeschieden. Im ganzen gingen also aus der Blutbahn 224 — 63 = 161 ccm Flüssigkeit mit 0,13 + 0,4 = 0,53 g Na Cl, was einer 0,33 proz. Lösung gleich ist. Das Blutserum selbst enthielt mindestens 0,5 % Na Cl; folglich mufste dies den osmotischen Druck des Blutes steigern statt vermindern. Dasselbe Resultat zeigt sich, wenn wir wieder argumentieren wie in den Versuchen von Hamburger. Das Blutserum enthielt 0,632 % Na Cl; zu 347½ g Serum werden 84 ccm (einer 7,852 proz.) Na_2SO_4-Lösung gefügt; geschah dies in Gefäfsen mit impermeablen Wänden und bei undurchgängigen Blutkörperchen, dann würde eine $\frac{347^1/_2}{347^1/_2 + 84} \times 0{,}632 = 0{,}509$ proz. Na Cl-Lösung entstanden sein; die Gefäfswände sind jedoch durchgängig für Wasser und Salze, und die Ergebnisse des Versuches sind, dafs in verschiedenen Momenten viel höhere Werte (0,600 % und 0,620 %) für den Na Cl-Gehalt gefunden werden: folglich hat das Na Cl — die ganze Ausscheidung in Betracht gezogen — nicht mitgewirkt zur Erniedrigung des osmotischen Blutdruckes.

Dies, was den Na Cl-Gehalt anbelangt; wollen wir alle ursprünglichen Serumbestandteile zusammen ins Auge fassen, so können uns folgende Zahlen von Magnus dienen:

Im Blutserum:

Moment	Δ	Na Cl	Na_2SO_4
I (vor der Injektion) . . .	— 0,618°	0,632 %	0,034 %
II (Ende der Injektion) . .	— 0,648°	0,600 »	0,272 »
III (3 Std. nach der Injektion)	— 0,611°	0,620 »	0,052 »

1) Dies will sagen, dafs 0,4 g Na Cl mehr aus dem Blute verschwunden sind, als Harn (und Aderlafs) entspricht; Magnus macht darauf aufmerksam, dafs kein Speichelflufs eintritt, und er fand in einem seiner Versuche — wo Na Cl-Lösung eingespritzt wurde — nur 0,33 g Na Cl im Magendarminhalt.

Stellen wir den Dissociationskoëffizienten einer 1proz. Salpeterlösung = 1,84[1]), demnach die Gefrierpunktserniedrigung dieser Lösung $= \frac{1,86 \times 10}{101} \times 1,84 = 0,338^{0}$ [2]) und den Salpeterwert einer 1proz. Na_2SO_4-Lösung = 0,948[3]), dann geht aus obigen Zahlen hervor:

Tabelle IV.

Zeit der Entleerung	Salpeterwert des Serums	Salpeterwert d. Na_2SO_4 des Serums	Salpeterwert der ursprünglichen Serumbestandteile (ausgenommen Na_2SO_4)
Vor der Injektion	1,83	0,032	1,80
Nach der Injektion (falls während dieser Gefäſswände etc. impermeabel)	**2,92**	**1,475** [4])	**1,45**
Ende der Injektion	1,92	0,258	1,66
3 St. nach der Injektion	1,81	0,049	1,76

Unzweideutig geht auch aus diesem Versuch hervor, daſs der Salpeterwert des Na_2SO_4 mehr herabsinkt als jener des Blutserums, daſs der Salpeterwert der ursprünglichen Serumbestandteile steigt.

Dennoch bleibt es merkwürdig[5]), daſs NaCl in die Gewebe gegangen. Weil dies nur aus einem Versuche berechnet werden konnte, wäre es wünschenswert, daſs noch einige Versuche zu diesem Zwecke angestellt würden (mit gleich genauen Berechnungen, wie Magnus das gethan), um so mehr, da dieser Versuch insofern schon eine Ausnahme auf die anderen macht, daſs während der (50 Min. dauernden) Na_2SO_4-Infusion Wasser aus

1) Hedin: Über die Einwirkung einiger Wasserlösungen auf das Volumen der roten Blutkörperchen 1895, S. 228.

2) Hedin (Über die Permeabilität der Blutkörperchen 1897, S. 247) fand experimentell für eine 1,01proz. Lösung 0,346°. Ich benutzte die berechnete Zahl 0,338, weil diese die ungünstigste für meine Meinung ist.

3) Berechnet aus den Zahlen von Hamburger.

4) Salpeterwert des injicierten und ursprünglich im Serum sich befindlichen $Na_2SO_4 = \frac{7,852 \times 0,948 \times 84 + 0,034 \times 0,948 \times 347\frac{1}{2}}{84 + 347\frac{1}{2}}$.

5) Merkwürdig, aber nicht unerklärbar (siehe Anhang).

dem Blute in die Gewebe trat, indem bei allen anderen Versuchen mit Na_2SO_4-Infusion (6 an Kaninchen und 2 an Hunden)[1]) das Gegenteil stattfand.

Nicht unerwähnt sei, dafs Magnus selbst betont, »dafs die Niere an der Abnahme des proz. NaCl-Gehaltes des Blutes nicht nur unbeteiligt sei, sondern ihm sogar entgegenzuwirken strebe« und »also in entgegengesetztem Sinne wie der — übrige[2]) — NaCl-Austausch durch die Gefäfswände arbeite«.

Nennen wir nun die Steigerung des osmotischen Druckes des Blutplasmas
durch Austritt von NaCl-Lösung aus dem Blute durch die Niere *Sn*,
» » » » » » » » in und durch übrige Gewebe *Sg*,
» » » » » » » » längs beiden genannten Wegen *St*,
dann ist *Sn* positiv, *Sg* negativ und $St = Sn + Sg$ positiv. Für die Schlufsfolgerung von Hamburger kommt nur *St*, der Gesamtkochsalzverlust in Betracht (aus den Untersuchungen von Hamburger kann dann auch nur *St* und nicht *Sg* berechnet werden).

Ganz unabhängig von der Harnabscheidung sind wir in den zwei bezüglichen Versuchen von Hijmans v. d. B.[3]), da in diesen die Nieren vorher exstirpiert wurden.

Und nun finden wir auch hier wie in dem Versuche von Magnus *Sg* negativ? Folgende Tabelle V, berechnet aus den Werten von Hijmans v. d. B.[4]), gibt hierauf die Antwort:

1) a. a. O. S. 409 und 410.
2) Dies Wort von mir eingeschaltet.
3) Nederl. Tijdschr. v. Geneesk. Aug. 1901, S. 378 und 379.
4) Versuch I: Hund 5 kg Gewicht; Nierenexstirpation; nach der ersten Blutentleerung (30 ccm) noch $\left(5000 \times \frac{8}{100} - 30\right)\,{}^{2}/_{3} = 247$ g Serum; Injektion von 75 ccm 3 proz. Na_2SO_4-Lösung.

Moment	Δ	NaCl	Na_2SO_4
Vor der Injektion	— 0,61	0,737 %	—
Nach » »	— 0,60	0,655 »	0,0215 %

Tabelle V.

Versuch	Zeit der Entleerung	Salpeterwert des Serums	Salpeterwert d. Na_2SO_4 (des Serums)	Salpeterwert d. ursprüngl. Serumbestandteile	NaCl-Gehalt
I	Vor der Injektion . .	1,8	—	1,8	0,737
	Nach der Injektion (falls während dieser Gefäfswände etc. impermeab.)	2,0	0,66	1,38	0,565
	Nach der Injektion . .	1,77	0,02	1,75	0,655
II	Vor der Injektion . .	1,77	—	1,77	0,631
	Nach der Injektion (falls während dieser Gefäfswände etc. impermeab.)	2,62	1,11	1,51	0,539
	10 Min. nach d. Injektion	1,83	0,15	1,68	0,608

Im Versuch I würde also durch die Injektion der NaCl-Gehalt 0,565 geworden sein, durch Austausch mit den Geweben wird er jedoch höher. Dasselbe ist der Fall im Versuch II, wo er 0,608 wird statt 0,539. Auch sehen wir an beiden Versuchen, dafs der Salpeterwert des Na_2SO_4 mehr vermindert als der des Serums, dafs demnach die anderen Bestandteile sämtlich einen höheren Wert erhalten.

In seiner Replik an E. versucht Hijmans v. d. B. die Schlufsfolgerung Hamburgers zu retten, indem er bemerkt, dafs im erwähnten Versuch des Magnus das Blut nach der Injektion eingedickt sei auf 94 %, m. a. W., dafs die Menge des Plasmas mit 6 % vermindert sei. Dies hat jedoch gar keinen Einflufs auf obige Beweisführung. Der osmotische Druck einer

Versuch II: Hund 6,1 kg Gewicht; Nierenexstirpation; nach der ersten Blutentleerung (50 ccm) noch $\left(6100 \times \frac{8}{100} - 50\right) {}^3/_5 = 292$ g Serum; Injektion von 50 ccm 8proz. Na_2SO_4-Lösung.

Moment	Δ	NaCl	Na_2SO_4
Vor der Injektion	— 0,60°	0,631 %	—
10 Min. nach der Injektion	— 0,62°	0,608 »	0,157 %

Flüssigkeit ist doch unabhängig von der Menge derselben; 1 ccm Blutplasma hat denselben osmotischen Druck wie 100 ccm, wenn nur Zusammensetzung und Temperatur gleich sind. Der osmotische Druck des Blutplasmas ändert deshalb nicht, wenn ein Teil die Blutbahn verläſst; er verändert ebensowenig, wenn von diesem Teil die Salze längs dem einen Wege, das Wasser längs einem anderen Wege gehen würden; es thut nichts zur Sache, wieviel aus der Blutbahn tritt, nur wie die Zusammensetzung des Blutplasmas ist.

Nun jedoch zum Schluſs: in allen besprochenen Versuchen hatte die Durchgängigkeit der Gefäſswände zur Folge, daſs der osmotische Druck des Blutserums weniger sank als der des eingebrachten Na_2SO_4, daſs also der osmotische Druck der ursprünglichen Plasmabestandteile stieg; dieses Steigen zeigte sich auch für das $NaCl$ allein und in zwei Versuchen von Hamburger für die Karbonate und die Eiweiſsstoffe. Ich glaube deshalb den Nachweis geführt zu haben, daſs bei Steigerung des osmotischen Blutdruckes (durch Injektion hyperisotonischer Na_2SO_4-Lösungen) $NaCl$, Na_2CO_3 und Eiweiſsstoffe nicht zusammenwirken, um durch Hinaustreten aus der Blutflüssigkeit die genannte Steigerung soviel wie möglich zu kompensieren, sondern sogar in entgegengesetztem Sinne wirken.

Anhang: Hamburger sagt in seiner Abhandlung, daſs vorläufig die Physik oder die Chemie uns den regulierenden Einfluſs der Gefäſswände (wie er das — mit Unrecht — zu finden meinte) nicht erklären könnten, und er betrachtet diesen als eine besondere Eigenschaft lebender Zellen.[1]) Sind wir nun doch gezwungen, letzteres anzunehmen infolge des Versuches von Magnus, in welchem 0,4 g $NaCl$ aus dem Blute in die Gewebe gingen und 63 g Flüssigkeit den entgegengesetzten Weg nahmen? Können Filtration und Diffusion zusammen uns die Erklärung nicht geben? Die Antwort hierauf ist sehr leicht. Setzen wir für diesen Fall den durchschnittlichen $NaCl$-Gehalt 0,6, dann

1) a. a. O. S. 307.

treten jedesmal bei Filtration von $16^2/_3$ g Plasma aus dem Blute 0,1 g NaCl in die Gewebe, also 0,4 g bei Filtration von $66^2/_3$ g Plasma. (Geht aufserdem infolge der Gesetze der Osmose beim verminderten NaCl-Gehalt des Plasmas dieses Salz aus den Geweben in das Blut, so müssen wir für jede 0,1 g noch $16^2/_3$ g Plasma [Filtration] in Rechnung bringen).

Tritt nun infolge der Steigerung des gesamt-osmotischen Druckes des Plasmas Wasser aus den Geweben in das Blut hinein und zwar 63 g mehr, als durch Filtration herausgetreten, dann würden auf diese Art nur infolge Filtration und Diffusion als Endresultat 0,4 g NaCl in die Gewebe und 63 g Wasser daraus getreten sein.

Rotterdam, November 1901.

Die Stickstoffbestimmung in dem mit Salzsäure und Phosphorwolframsäure ausgefällten Urin und der Versuch nach Hüfner.

Von

Medizinalrat Dr. **Camerer** (Urach).

Vor einigen Jahren schon hat Keller in Breslau unter Leitung Czernys gefunden, dafs der Urin magen-darmkranker Säuglinge auffallend wenig Harnstoff, dagegen auffallend viel Ammoniak enthalte. Auf 100 Gesamt-N (GN) berechnet, sollte der Harnstoff-N bis auf 50 herabsinken, der Ammon-N. bis auf 40 hinaufgehen. Dazu hatte Keller nach der Methode von Mörner-Sjöquist gearbeitet, welche zu hohe Werte für Harnstoff-N giebt. Auffallend kleine Werte für den relativen Harnstoff-N finden sich auch in einer für die Urinchemie wichtigen Arbeit Pfaundlers[1]) und in einer kurz darauf erschienenen von Krüger u. Schmidt[2]), ja in einer soeben veröffentlichten Abhandlung von Pfaundler[3]) finden sich relative Werte von Harnstoff-N bis herunter zu 17 %. Die genannten Autoren haben den Harn nach Pflüger-Schöndorff mit Lösung von Phosphorwolframsäure (im Folgenden PWS) und Salzsäure ausgefällt, filtriert, das Filtrat mit P_2O_5 versetzt und bei 150° gegen 20 Stunden lang zerkocht, nach dem Erkalten den NH_3 unter

1) Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 30 S. 75.

2) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 31 S. 556.

3) Jahrb. f. Kinderheilkunde Bd. 54 S. 315.

reichlichem Zusatz von Mg O abdestilliert und ermittelt. Den so erhaltenen N nennt Pfaundler in der erwähnten Arbeit f_1 — N; ich nenne das zerkochte Filtrat also f, den Gesamt-N des Filtrats, welchen man durch den Kjeldahlversuch ermittelt, demnach f—N; die Differenz zwischen beiden N-Mengen, also (f—N) — (f_1—N) nennt Pfaundler f_2—N. Die Fraktion f_1—N enthält nach Pfaundler allen N des Harnstoffs, der Oxalursäure, etwaigen Allantoins, beiläufig die Hälfte vom N der Uroprotsäure und, wie ich beifügen möchte, wohl auch noch N von anderen Substanzen, doch kann man f_1—N ohne grofsen Fehler als Harnstoff-N betrachten, da die Menge des fremden N klein ist; die Fraktion f_2—N enthält nach Pfaundler die andere Hälfte vom N der Uroprotsäure und namentlich den N der Amidosäuren; sie ergab den unerwartet grofsen Wert von 4% bis 5% (GN = 100).

Der Umstand, dafs die Werte für den relativen Harnstoff-N bei dieser Methode so gar nieder ausfielen, machte in mir und Pfaundler, unabhängig von einander, den Wunsch einer Nachprüfung rege, welcher sich gelegentlich eines Briefwechsels offenbarte, und so sind die meisten der folgenden Untersuchungen, wenn man will, eine gemeinsame Arbeit von Pfaundler und mir, vermittelt durch fortlaufende Korrespondenz und Zusendung von Material. Mir ist nämlich die Sammlung von Urin magen-darmkranker Kinder nicht möglich, sie ist nach dem sachverständigen Urteil Pfaundlers auch in der Kinderklinik mit den vorzüglichen Apparaten von Bendix-Finkelstein noch umständlich und quälend für Arzt und Patient.

Eine schon vor 13 Jahren von mir im physiol.-chemischen Institut Tübingen vorgenommene Vergleichung zwischen der Methode von Pflüger und Hüfner brachte keine volle Aufklärung; wie wir damals schon vermuteten, und wie jetzt allgemein anerkannt wird, wegen der ungeeigneten Beschaffenheit[1]) der zu jener Zeit käuflichen PWS. Diesmal verwendeten Pfaundler und ich Merksche PWS pro analysi, wie jetzt

1) Ich habe schon früher gelegentlich auf dieselbe hingewiesen. Diese Zeitschr. Bd. 35 S. 208.

wohl allgemein geschieht. Sie fällt den Ammoniak vollständig, von gelöstem Harnstoff angeblich nichts, was aber nicht unter allen Umständen zugetroffen ist, wovon unten. Bei der Bereitung der Lösung von PWS und H Cl, von der 100 ccm nach Vorschrift 10 g PWS und 10 ccm der officinellen Salzsäure enthalten sollen, entsteht bei mir und Pfaundler eine Trübung (wohl weil jedes destillierte Wasser etwas NH_3 enthält), man mufs das Sediment absitzen lassen und zum Gebrauch die klare Flüssigkeit abhebern; klar abzufiltrieren ist sie nicht oder wenigstens nicht leicht.

Zur Ausfällung des Harns mit PWS sind zwei Verfahren vorgeschlagen.

Nach dem ursprünglichen, von Pflüger angegebenen, hat Pfaundler gearbeitet: 20 ccm Urin werden mit 40 ccm PWS-Lösung versetzt, 24 Stunden stehen gelassen (in ammonfreier Atmosphäre!) danach gefiltert. Krüger und Schmidt (a. a. O.) schreiben vor, 10 ccm Harn mit 1 ccm 10proz. H Cl-Lösung, sodann mit wechselnden Mengen einer 10proz. PWS-Lösung zu versetzen. Hat man zu 10 ccm Harn 1 ccm der Salzsäure und sodann z. B. 6 ccm PWS-Lösung gegeben, so soll man schon nach 2 Minuten filtrieren, wobei meist mehrmaliges Zurückgiefsen nötig ist, da das Filtrat anfangs trüb abläuft. Man setzt dann zu 1 ccm des klaren Filtrats 1 ccm PWS-Lösung und wartet 2 Minuten, tritt danach keine Trübung ein, so ist jedenfalls genug PWS-Lösung zugesetzt, vielleicht aber schon zu viel. Letzteres dürfe nicht der Fall sein, da ein Überschufs von PWS einen Teil des Niederschlags wieder löse. Man würde demnach nunmehr einen Zusatz von 4 ccm PWS-Lösung versuchen, und wenn dies zu wenig ist, einen solchen von 5 ccm. Ganz scharf brauche die Menge der zuzusetzenden PWS-Lösung nicht bestimmt zu werden, es sei ein Spielraum von 1 ccm erlaubt. Pfaundler hält die Gefahr zu grofser Mengen von PWS-Lösung für nicht erheblich; angenehm bei dem Verfahren von Krüger u. Schmidt ist jedenfalls, dafs man nicht 24 Stunden warten mufs — auch die Herstellung der ammonfreien Atmosphäre macht Arbeit. Andere Vorteile des Verfahrens von

Krüger und Schmidt werden sich unten ergeben und ich habe nach ihrer Vorschrift gearbeitet, nur eine Lösung benutzt, welche gleichzeitig PWS und Salzsäure in vorgeschriebener Menge enthielt. Pfaundler hat auch mit dieser Lösung gearbeitet (sie führe nun kurzweg den Namen PWS) und ist auch sonst beim ursprünglichen Verfahren von Pflüger stehen geblieben. Es war, was ich kaum zu erwähnen brauche, für mich zweckmäfsig, alle Urine auf gleiches spezifisches Gewicht einzustellen, denn man erleichtert sich dadurch das Auffinden der nötigen Menge von PWS. Bei nicht pathologischen Urinen und einem spezifischen Gewicht von 1010 bis 1012 braucht man für 10 ccm Harn ca. 6 ccm PWS.

Erste Untersuchung. Mischurin verschiedener gesunder Erwachsener mit Thymol und Chloroform sterilisiert, und das mit $P_2 O_5$ zerkochte Filtrat von diesem Urin wurde mir von Pfaundler zugesandt; es entsprachen 100 ccm Filtrat 6,89 ccm Urin. Das Filtrat bestand aus einer wasserhellen Flüssigkeit mit einem schweren, leicht absitzenden Sediment von braunen Flocken, mufste also vor jedem Gebrauch wohl durchschüttelt werden. Um jedes Mifsverständnis auszuschliefsen, will ich bemerken, dafs hier und in den folgenden Tabellen der »Harnstoff-N, Hüfner« dadurch erhalten ist, dafs man den Urin dem Hüfnerversuch unterwarf, eine selbständige Ammôn-Bestimmung machte (meist nach Wurster), und den Ammon-N vom Hüfner-N abzog. Der »Harnstoff-N, Hüfner« enthält bekanntlich auch noch $^1/_3$ des vorhandenen Purin-N, $^2/_3$ des Kreatinin-N und $^1/_5$ des Uroprot-N, von anderm etwaigen N unbekannten Ursprungs abgesehen, und es war zu erwarten, dafs sein Wert etwas gröfser sei als f_1—N.

a) Pfaundler.

100 ccm Urin enthalten					auf 100 G N kommen			
G N	f-N	f_1-N	f_2-N	Ammon-N	f-N	f_1-N	f_2-N	Ammon N
0,962	0,831	0,792	0,039	0,044	86,5	82,3	4,2	4,6

b) Camerer.

100 ccm Urin enthalten								
durch Urinanalyse gefunden			durch Analyse von f gefunden				auf 100 G N kommt	
G N	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	durch Hüfner-Versuch 1	2	Filtrat mit NaHO versetzt im Schlösing	über Feuer destilliert	Harnstoff-N, Hüfner	f_1-N Hüfner
0,950	0,821	0,049	0,773	0,829	0,805	0,826	86,4	84,3
			0,801					

Um die Ergebnisse der Tabelle richtig zu würdigen, darf man nicht übersehen, wie stark die unmittelbaren Versuchsresultate multipliziert werden mufsten, um aus den Analysen des Filtrats die Werte der Tabelle zu erhalten. Ich erhielt z. B. bei dem ersten Hüfnerversuch mit Filtrat 3,8 ccm Gas, bei dem zweiten 4,0 ccm Gas, das macht einen Unterschied von etwas mehr als 0,2 mg N. Durch Umrechnung auf 100 ccm Urin ist die Differenz auf 56 mg, nämlich 0,829—0,773, angeschwollen.

Das mit P_2O_5 zerkochte Filtrat ist keine für den Hüfnerversuch geeignete Flüssigkeit; es ist zu arm an N und zu reich an Säuren. Etwa 20 Minuten, nachdem die Lauge zum Filtrat zugelassen war, erstarrte mir fast der ganze Inhalt des Apparates zu einer Gallerte. Die Gasentwicklung war allerdings zu dieser Zeit längst beendigt, aber es schien doch möglich, dafs sie bei etwas anderer Behandlung des Harns oder Filtrats, z. B. Zusatz von mehr PWS, von mehr P_2O_5 gestört werde. Neutralisation des Filtrats vor dem Einbringen in den Hüfnerapparat erwies sich als unzweckmäfsig. — Ferner hatte ich folgenden Befund, den ich nur erwähne, ohne dafs ich ihm weiter nachgegangen wäre: Ich filtrierte den Rest des zerkochten Filtrats von dem braunen Sediment ab und beschickte mit dem klaren Filtrat den Hüfnerapparat, erhielt aber nur 0,450 N (auf 100 Urin berechnet). Als ich solch klares Filtrat mit NaHO über Feuer abdestillierte, erhielt ich dagegen 0,829 N.

2. Pfaundler sandte mir nun ca. 100 ccm Harn eines atrophischen Säuglings, wohl desinfiziert, ganz klar; kein Filtrat. Bevor ich an die Mitteilung unserer Resultate gehe, sind noch

einige Bezeichnungen zu wählen, nämlich: F für das nicht mit P_2O_5 versehene und nicht zerkochte Filtrat, F—N der nach Kjeldahl ermittelte Stickstoff desselben; F_1—N der durch den Hüfnerversuch ermittelte N des Filtrates. Nach der Definition mufs F—N = f—N sein (wenn man beide auf 100 Urin umrechnet); es war ferner zu erwarten, dafs F_1—N annähernd = f_1—N sein werde. Trifft dies zu, so ist auch die Differenz (F—N) — (F_1—N) oder F_2—N = f_2—N. Die Befunde bei dem Säuglingsurin waren nun folgende:

a) Pfaundler.

100 Urin enthalten						
				auf 100 GN kommt		
GN	f_1-N	Ammon-N	f_2-N	f_1-N	Ammon-N	f_2-N
0,388	0,259	0,064	0,016	67,6	16,6	4,2

b) Camerer.

100 Urin enthalten					auf 100 GN kommt			
GN	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	Purin-N	F-N [1]	Harnstoff-N	Ammon-N	Purin-N	F-N
0,390	0,282	0,064	0,013	0,275	73,6	16,6	3,4	70,6

Der bei Camerer aufgeführte Ammon-N ist von Pfaundler übernommen; ich zog vor, an dem seltenen Urin eine Bestimmung des Purin-N zu machen, da mir solche aus der Litteratur nicht bekannt waren, und zu Bestimmung von Ammon-N und Purin-N reichte mein Vorrat nicht. Die Bestimmung von F_1—N mifslang. Bei zwei Versuchen, F nach Hüfner zu analysieren, entwickelte meine Lauge nur sehr wenig Gas, ca. $^1/_3$ der zu erwartenden Menge. Pfaundler fand bei einem Hüfnerversuch mit f oder F (?) den Wert 0,238 N, also erheblich weniger als sein f_1—N beträgt, kann aber für die Zahl nicht einstehen; da am Apparat etwas zerbrach, konnte er ihn auch nicht wiederholen.

Niemals hatte ich sonst irgend welche Schwierigkeit, mit F den Hüfnerversuch zu machen. Ich hatte übrigens schon bei

1) F — N bei C. und f — N bei Pf. sind also genau gleich.

der Herstellung von F einen auffallenden Befund: Von dem wenig konzentrierten Urin (100 Urin enthielten nur 0,39 GN!) erforderten 20 ccm nicht weniger als 35 ccm PWS zur vollständigen Fällung. Der Niederschlag setzte sich nicht wie sonst gut ab, sondern es blieb die Flüssigkeit trüb, sie filterte auch sehr schlecht.

3. Von Harnstoff, welchen Pfaundler mehrmals umkrystallisiert hatte, und der nach der Übersendung mehrere Tage bei mir im Exsiccator stand, machte ich eine wässerige Lösung von ungefähr 2,7 %. A) 11 ccm dieser Lösung mit 12 ccm PWS und Wasser wurden auf 40 ccm gebracht. B) 11 ccm der Lösung wurden mit 32 ccm PWS und etwas Wasser auf 44 ccm Lösung gebracht.

A) 100 ccm enthalten nach Kjeldahl	330 mg N
a) Hüfner mit Apparat II, frischer Lauge . .	329 » »
b) » » » I derselben Lauge (also einmal gebraucht, 24 St. alt) .	328 » »
B) 100 ccm, Kjeldahl enthalten	320 » »
a) Hüfner mit Apparat I, frischer Lauge . .	314 » »
b) » » » II (wie oben b) . . .	308 » »

Die Kjeldahlversuche und die Versuche unter a) werden sogleich nach Herstellung der Lösungen gemacht, die Versuche unter b) 24 Stunden später, zu B) b) ist zu bemerken, dafs sich nach 24stündigem Stehen ein kleines Sediment abgesetzt hatte, zum Versuch wurde die klare Flüssigkeit abgehebert.

4. Von demselben Harnstoff wurde eine wässerige Lösung von 3,20 % angefertigt und daraus folgende Gemische bereitet: A) 10 ccm Lösung wurden mit Wasser auf 44 ccm gebracht. B) 10 ccm Lösung wurden mit 20 PWS und Wasser auf 50 ccm gebracht. Da ich die ursprüngliche Lösung von 3,20 % Gehalt länger aufbewahren wollte, versetzte ich sie nun mit etwas alkoholischer Thymollösung. Die Gemische A und B wurden teils sofort, teils nach 24stündigem Stehen weiter bearbeitet, wie bei Versuch 3 geschehen war, mit folgendem Resultate:

A) 100 ccm enthalten nach Kjeldahl	326 mg N
a) Hüfner mit Apparat II, mit ungebrauchter, aber vor 2 Tagen angefertigter Lauge	328 » »
b) Hüfner 24 Stunden später mit Apparat I, derselben, also einmal gebrauchten Lauge	316 » »
B) 100 ccm enthalten nach Kjeldahl	289 » »
a) Hüfner mit Apparat I, Lauge wie oben a .	284 » »
b) » » » II, Lauge wie oben b .	277 » »

Sämtliche Lösungen wurden aufbewahrt, die ursprüngliche (mit 3,20% Harnstoff) und A blieben klar, B begann am dritten Tage Sediment abzusetzen und hatte nach 14 Tagen ein reichliches Sediment. Als zu A nach 14 Tagen etwas PWS gegossen wurde, entstand eine leichte Trübung, wohl von gebildetem Ammoniak. Ebenfalls nach 14 Tagen wurde aus der ursprünglichen Lösung ein drittes Gemisch angefertigt, C, 10 ccm Lösung wurden mit 30 PWS auf 50 ccm gebracht. Es wurde sofort analysiert mit folgendem Befunde:

C) 100 ccm enthalten nach Kjeldahl . . .	297 mg N
a) Hüfner mit Apparat I und frischer Lauge .	275 » »

Das Gemisch C blieb zunächst eine Anzahl Stunden lang klar, hatte aber nach 24 Stunden ein starkes Sediment abgesetzt, welches nach 48 Stunden noch gröfser und krystallinisch war; von da an vermehrte es sich nicht mehr. Sechs Tage später wurden mit C weitere Analysen gemacht, die Flüssigkeit wurde für Kjeldahl (nicht vollkommen klar) abgehebert, für Hüfner mufste abfiltriert werden. Kjeldahl gab 242 mg (anstatt ursprünglich 297 mg), Hüfner den wohl besseren Wert 222 mg; also ist durch die Sedimentierung ein erheblicher N-Verlust eingetreten. — Mit dem ganz kleinen Rest von A machte ich um diese Zeit einen Hüfnerversuch und erhielt 336 mg (oben 328 mg); ½ ccm A mit ebenso viel PWS versetzt, gab in wenig Minuten starke Trübung und Sedimentbildung, eine Folge ammoniakalischer Zersetzung. Auch Pfaundler hat beobachtet, dafs Lösungen seines Harnstoffes, mit PWS versetzt, Sedimente abscheiden und ist geneigt, dies einer teilweisen Umsetzung des Harnstoffes in Ammoniak zuzuschreiben. Jedenfalls entsteht durch diese

Sedimentbildung die Gefahr, dafs man etwas zu wenig N erhält, wenn man nach Pflüger jedem Urin viel PWS beifügt und 24 Stunden stehen läfst[1]). Will man das Filtrat (F) zum Hüfnerversuch benutzen, so ist es zweifellos um so besser, je weniger man PWS beigefügt hat; aus beiden Gründen ziehe ich das Verfahren von Krüger u. Schmidt mit möglichst wenig PWS und kurzem Stehen vor. — Bei den folgenden Urinanalysen konnte sich Pfaundler nicht mehr beteiligen, obwohl solches zum Vergleich zwischen F_1—N und f_1—N wünschenswert gewesen wäre; wir hoffen, das Versäumte in kurzer Zeit nachholen zu können.

5. Morgenurin von mir, ganz frisch untersucht, durch Verdünnen mit Wasser auf specifisches Gewicht 1012 gebracht. Auf Grund des Vorversuchs wurden 50 ccm Urin mit 28 ccm PWS und Wasser auf 100 ccm gebracht, nach dreistündigem Stehen filtriert und das klare Filtrat (F) analysiert, dazu wurden die üblichen Analysen mit dem Urin selbst gemacht, das Resultat war folgendes:

100 ccm Urin enthalten						auf 100 GN kommt			
GN	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	F-N	F_1-N	F_2-N	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	F_1-N	F_2-N
0,491	0,406	0,036	0,415	0,398	0,017	82,8	7,4	81,0	3,5

6. Interessante Befunde ergaben 24stündige Urine, welche Camerer junr. bei reiner Fleischkost erhalten hatte.[2]) Die zum Teile sehr konzentrierten Urine wurden, ohne sie auf gleiches und niederes specifisches Gewicht zu bringen, also gegen die oben aufgestellte Regel, nach Vorversuchen mit PWS ausgefällt, wie folgt:

---

1) Krüger u. Schmidt halten für möglich, dafs durch das Zerkochen des Filtrates (mit P_2O_5 oder nach ihrem Verfahren mit verdünnter H_2SO_4) Amidosäuren entstehen könnten. Ich habe befürchtet, es könnte bei dem Abdestillieren mit MgO Ammon-Magnesiaphosphat entstehen, wie es nach Söldner beim Wursterversuch der Fall ist. Beidemal wäre ein N-Defizit für f_1—N die Folge. Nach unseren Befunden scheinen diese beiden Fehlerquellen ausgeschlossen.

2) Diese Zeitschrift Bd. 43 S. 34 ff.

1. Tag (Vortag, gemischte Kost) 40 ccm Urin, 30 ccm PWS mit Wasser auf 100 ccm gebracht.
2. Tag Fleischtag 20 ccm Urin, 21 ccm PWS auf 61 ccm gebracht.
3. Tag Fleischtag 25 ccm Urin, 29 ccm PWS auf 61 ccm gebracht.
4. Tag (Nachtag, gemischte Kost) 20 ccm Urin, 59 PWS auf 100 ccm gebracht.

Die Resultate sind folgende:

	G N	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon N	P_2O_5	saure P_2O_5	F-N	F_1-N	F_2-N	auf 100 G N kommt Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	F_1-N	F_2-N	P_2O_5	auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5
1. Tag Vortag	14,34	11,93	0,78	2,21	0,97	12,01	11,36	0,65	83,2	5,4	79,2	4,6	15	44
2. Tag Fleischtag	20,42	18,62	0,90	3,50	1,30	18,36	18,24	0,12	91,2	4,4	89,3	0,6	16	37
3. Tag Fleischtag	22,65	20,28	1,14	3,20	1,77	20,10	19,75	0,35	89,5	5,0	87,2	1,6	14	55
4. Tag Nachtag	17,47	15,14	0,97	2,43	1,70	14,27	14,04	0,23	86,7	5,6	80,4	1,3	14	70

Man hätte an den Fleischtagen eine erhebliche Differenz zwischen dem Harnstoff-N, Hüfner und F_1—N erwarten können wegen der reichlichen Zufuhr von Kreatin, sie ist sehr mäfsig und erheblich kleiner als am Vortag und Nachtag. Der relative Harnstoff-N (sowohl nach Hüfner, als F_1—N) + Ammon-N beträgt am 2., 3. und 4. Tag erheblich mehr als 90% des GN; diese Eigentümlichkeit des Urins bei Fleischkost ist eine längst bekannte Thatsache. Auffallend klein ist an den Fleischtagen und am 4. Tage F_2—N, was dafür spricht, dafs diese Fraktion in der That zum gröfsten Teil von Amidosäuren stammen, deren Menge beim Aufhören der Pflanzenkost nach bisheriger Lehre stark absinken mufs.

7. Der nun untersuchte Urin stammt von einem Darmkranken und zwar vom sechsten und fünften Lebenstag vor dem Tod; die Sammlung geschah in einem mit Thymol desinfizierten Gefäfs und der in 48 Stunden gebildete Urin wurde im ganzen verarbeitet.

Menge 1050, Reaktion stark sauer, specifisches Gewicht 1017, er hatte Harnsäure abgesetzt und wurde durch Wasserzusatz auf 2100 ccm, specifisches Gewicht 10095 verdünnt; die Probe zur Purin-Analyse wurde mit Ätznatron alkalisch gemacht, um alle Harnsäure in Lösung zu bringen. An den zwei Tagen der Urinsammlung genofs der Kranke nur drei Eigelb mit etwas Zucker und einige Efslöffel Champagner, denn es bestanden neben Fieber (Aftertemperatur ca. 39°) Symptome von beginnendem Darmverschlufs — wenig Kotabgang, täglich ein- bis zweimaliges Erbrechen. Nach Beendigung der Urinsammlung bis zum Tode konnte der Kranke nur noch Eisstücke nehmen und schlummerte meist. Die sehr ungenügende Ernährung hatte 14 Tage vor der Urinsammlung begonnen, bis dahin hatte der schon ca. zwei Monate lang schwer kranke und fiebernde Mann verhältnismäfsig reichlich Nahrung genommen und gut verdaut. Eine Sektion wurde nicht gestattet, eine in den letzten Wochen vor dem Tode in der Blinddarmgegend auftretende Geschwulst schien die Diagnose auf Darmkrebs zu bestätigen, doch kommen auch tuberkulose Entzündung von Darm- und Bauchfell oder Aktinomykose in Frage. Der Urin enthielt etwas Eiweifs, in 100 ccm des eiweifshaltigen fand ich 0,562 N; der mit Salzsäure angesäuerte, auf 80° erwärmte, nach dem Erkalten filtrierte Urin enthielt in 100 ccm 0,547 g und 0,551 g N; ich nahm als N von 100 ccm eiweifsfreiem Urin 0,550 g für die folgenden Rechnungen an.

Der mittlere 24stündige Urin enthält:

G N	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	F-N	F_1-N	F_2-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5	saure P_2O_5	auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5
5,77	5,17	0,25	5,20	4,66	0,54	0,085	0,070	1,50	1,06	—
			auf 100 G N kommt							
—	89,6	4,3	90,0	82,5	7,5	1,5	1,2	26	—	71

Wie auffallend mir diese Resultate zunächst sein mufsten, mag ein Vergleich mit dem nun folgenden Hungerurin zeigen.

8. Derselbe stammt von einer Frau mit Lebercarcinom und Metastasen in der Milz vom siebenten und zweiten Tage vor

dem Tode. Es war beabsichtigt, an einem weiteren 24stündigen Urin die Fällung mit PWS vorzunehmen, was durch den unerwartet raschen Tod der Frau mifslang. Die Frau nahm in den letzten Wochen ihres Lebens fast keine Nahrung mehr zu sich.

Der 24stündige Urin enthält:

	G N	Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5	saure P_2O_5	auf 100 G N kommt					auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O
								Harnstoff-N, Hüfner	Ammon-N	Purin-N	Harnsäure-N	P_2O_5	
1. Tag	5,2	3,7	0,4	0,29	—	0,60	0,40	72,6	7,5	5,6	—	12	66
2. Tag	4,16	2,94	0,31	0,25	0,21	0,75	0,46	70,7	7,5	5,9	5,1	18	62

Diesen, bei schwerem langdauerndem Fieber (z. B. Endstadium der Lungentuberkulose) bei Krebskaxechie u. s. w. gewöhnlichen Befund hatte ich auch im Fall 7 erwartet. Statt dessen fanden sich dort Zahlen, welche stellenweise an die der Fleischtage in Versuch 6 erinnern, auch der niedere relative Wert für Purin-N und Harnsäure-N ist für reine Fleischnahrung charakteristisch, wie ich schon vor vielen Jahren fand und wie neuerdings von Weintraud bestätigt wurde.[1]) Den hohen Wert von F_2—N, welcher Schuld an dem hohen Wert für F—N ist, wird man im Fall 7 wohl mit Recht starken Fäulnisprozessen im Darm zuschreiben, da ja Darmstenose bestand. Endlich ist zu bemerken, dafs bei einem G N von fast 6 g in 24 Stunden, der Hungerzustand in Fall 7 noch nicht so weit vorgeschritten war wie in Fall 8 und in anderen analogen Fällen, welche ich früher beobachtet habe. Interessant ist auch der Vergleich zwischen Fall 2 und 7 und 8. Der erstere erscheint mir danach Hungerurin mit einigen infantilen Eigentümlichkeiten, nämlich hohem relativen Ammonwert, kleinem relativen Purinwert zu sein. Zeichen starker Darmfäulnis, wie Fall 7, wies der Fall 2 nicht auf, bei anderen magendarmkranken Kindern mögen auch solche, charakterisiert durch ein übergrofses F_2—N, zu finden sein. — Pfaundler und ich hoffen diese Untersuchungen fortzusetzen und vielleicht wird sich auch ermitteln lassen,

1) Urin bei Fleischkost soll nach neueren Untersuchungen eine gewisse Menge von Allantoin enthalten, das aus Harnsäure entstanden sei.

welche Stoffe in Fällen, wie 2 und 7, die grofse Differenz zwischen Harnstoff-N nach Hüfner und F_1—N resp. f_1—N verursachen.

Zur Analyse der Frauenmilch

von Medizinalrat Dr. Camerer.

1. Schon vor zwei Jahren hat Schöndorff in Pflügers Archiv (Bd. 81 S. 42) eine Erwiderung an Dr. Camerer, betreffend den Harnstoffgehalt der Frauenmilch, erscheinen lassen[1]) und solche aufser mir auch einigen Herren der Tübinger Hochschule, darunter Hüfner, zugesandt. Er benutzt nämlich die Gelegenheit, gegen die Methode von Hüfner im allgemeinen zu polemisieren und seiner Meinung Ausdruck zu geben, dafs Harnstoffbestimmungen nach dieser Methode heutzutage keinen Anspruch mehr auf wissenschaftlichen Wert machen können. Da wir seit ca. 20 Jahren daran gewöhnt sind, von Zeit zu Zeit diesen Urteilsspruch, so ziemlich mit den gleichen Worten, von Bonn aus zu vernehmen, so wird Schöndorff kaum annehmen, dafs gerade er damit bei uns besonderen Eindruck machen werde. Jedenfalls werden wir uns in der Sache auf keine weitere Polemik einlassen, nachdem solches den Vorgängern Schöndorffs gegenüber genügend geschehen und überdies die Nachprüfung durch den Versuch jedermann ohne besondere Schwierigkeit möglich ist.[2])

2. Den Harnstoffgehalt der Frauenmilch betreffend, berichtet Schöndorff von neun neuen Analysen sämtlich an Milch von den ersten 14 Tagen der Laktation, durch welche er sein vorher dürftiges Material von drei Fällen nunmehr stützen kann. Auch diesmal fand er, wie früher, dafs 100 g Frauenmilch durchschnittlich 23 mg Harnstoff-N enthalten. Da ich, nach Hüfners Methode arbeitend, schon vorher viele Frauenmilchen untersucht hatte, lag für mich kein Bedürfnis vor, neue Fälle den früheren beizufügen, dagegen habe ich noch ein paar Harnstofflösungen von bekanntem (kleinen) Gehalt angefertigt, sie mit

1) Als Antwort auf die Kritik, die ich in dieser Zeitschr. Bd. 39 S. 70 in der Sache an ihm geübt hatte.

2) Siehe hierzu diese Zeitschr. Bd. 28 S. 93 u. 101.

sog. Almènlösung gerade so behandelt wie Söldner und ich früher mit Milch gethan, und das erhaltene, stark essig- und gerbsäurehaltige Produkt dem Hüfnerversuch unterworfen, für welchen es sich freilich so wenig eignet, wie die oben mit f bezeichneten Filtrate und aus gleichem Grunde. Doch gelang es mir, den geforderten N mit einem kleinen Defizit (von etwa 10%) zu finden, wie bei meinen früheren, in dieser Richtung angestellten Versuchen mit künstlichen Harnstofflösungen auch der Fall gewesen ist. Auch ich habe also Ursache, bei meiner Behauptung stehen zu bleiben, nämlich dafs man nach Ausfällung der Milch mit Almènlösung durch den Hüfnerversuch aus dem Filtrat rund 12 mg N, berechnet auf 100 g Frauenmilch, erhalte, und dafs der N des Harnstoffes und Ammons der Milch jedenfalls nicht mehr betrage. Schöndorff schliefst seine Abhandlung mit den Worten: »ich halte es für erwiesen, dafs die von mir angegebenen Werte für den Harnstoffgehalt richtig sind, während die von Camerer und Söldner angegebenen unrichtig und viel zu klein sind.« Damit geht er offenbar über die Grundlage hinaus, welche ihm seine Versuche gewähren. Wenn man Frauenmilch mit PWS, Almèn oder einem anderen der empfohlenen Fällungsmittel ausfällt und vom Niederschlag abfiltriert, so gehen in das Filtrat verschiedene und meist unbekannte N-haltige Stoffe ein. Welche von diesen Stoffen (aufser Harnstoff) beim Zerkochen mit $P_2 O_5$ und der darauf folgenden Destillation mit MgO ihren N abgeben, weifs Schöndorff so wenig wie wir oder sonst jemand, und er kann daher nicht dafür einstehen, dafs sein N nur aus Harnstoff stammt. Ich stütze mich aufser auf meine Versuche mit künstlichen Harnstofflösungen noch auf folgenden Umstand: Der gesamte N im Filtrat der Fällung mit PWS oder Almèn, nach Kjeldahl ermittelt, beträgt im Mittel ca. 45 mg auf 100 g Frauenmilch, aber nur für Frühmilch etwa von den 14 ersten Tagen der Laktation. Vom 60. bis 140. Tage der Laktation beträgt er (wenigstens nach Almèn, mit PWS sind mir nur Versuche mit Frühmilch bekannt) im Mittel nur noch 31 mg, vom 170. Tage an gar nur 26 mg, während der Gehalt an Harnstoff-N und

Ammon-N der Lage der Dinge nach und auch nach unsern Analysen von der Zeit der Laktation unabhängig ist. Der Gesamtstickstoff von 100 Milch beträgt, wie hier beiläufig angegeben werden soll, in den betreffenden Perioden im Mittel 0,27 %, 0,17 %, 0,15 %, woraus ein Eiweifsgehalt von 1,5 %; 0,88 % und 0,76 % zu berechnen ist. — Wenn der Harnstoff-N (wie Schöndorff will) im Mittel 23 mg beträgt, so würde das Filtrat der Spätmilch mit durchschnittlich 26 mg Filtrat N aufser Harnstoff beinahe keine anderen N-haltigen Körper enthalten, was man nicht annehmen kann. — Söldner und ich haben in unseren Milcharbeiten übrigens immer vom »N nach Hüfner« oder vom »N der organischen Abfallstoffe (Harnstoff u. s. w.)« gesprochen, nicht von Harnstoff-N.[1])

3. Wichtiger ist mir die Erörterung mit Schöndorff, betreffend den Eiweifsgehalt der Frauenmilch. Ich habe (a. a. O.) Schöndorff (gleichzeitig übrigens in derselben Sache auch Bunge) angegriffen, weil einer seiner Schlufssätze, die am Ende

1) Unmittelbar nach Abfassung dieses Aufsatzes bekam ich Gelegenheit, eine Spätmilch zu untersuchen, nämlich von einer Frau, welche ihr fünf Vierteljahr altes Kind noch (neben Beinahrung) säugt. Ich konnte an zwei Abenden zusammen 126 ccm Milch absaugen und behandelte sie wie folgt: 120 ccm Milch mit 4 ccm offizineller Salzsäure und absolutem Alkohol wurden auf 250 ccm gebracht, nach 18 stündigem Stehen abfiltriert. 200 ccm des nicht ganz klaren Filtrates wurden bei 35° bis 40° im Wasserbad zur Trockne gebracht, der hauptsächlich aus Milchzucker bestehende Rückstand wurde in der Abdampfschale zu grobem Pulver zerrieben und in einem kleinen Mefskolben eingefüllt. Die Abdampfschale wurde sodann oftmals mit kleinen Portionen Wasser gewaschen, welches ebenfalls in den Mefskolben kam. Nachdem Pulver und Wasser im Mefskolben tüchtig geschüttelt war, bis ersteres gut angefeuchtet und alle Luftblasen ausgetrieben waren, wurde bis auf die Marke aufgefüllt und noch einmal intensiv verschüttelt. Das Pulver löste sich nicht ganz; die Flüssigkeit war so zäh, dafs sie nicht gefiltert werden konnte, wie ein Versuch mit einem kleinen Quantum derselben lehrte. Es wurden deshalb 35 ccm der Flüssigkeit mit ganz genauen Pipetten abgehebert und in ein zweites Mefskölbchen gebracht, 5 ccm PWS. dazu gegeben und mit Wasser auf die Marke aufgefüllt; sodann vom Niederschlag abfiltriert. Ich erhielt ohne Zurückgiefsen ein klares Filtrat, eine Probe desselben gab mit PWS. keinen weiteren Niederschlag. 10 ccm des Filtrates entsprechen 18,8 ccm Milch. Der Hüfnerversuch mit Filtrat ergab 14 mg N auf 100 Milch, der Versuch nach Kjeldahl aber 33 mg N.

einer gröfseren Arbeit die Hauptergebnisse kurz zusammenfafsten, lautet: »Der Eiweifsgehalt der Frauenmilch beträgt 1,409 %.« — Er hatte nämlich an den oben schon erwähnten drei Milchen auch Bestimmungen des Gesamt-N gemacht, daraus das Eiweifs berechnet und diesen viel zu weit gehenden Schlufs gezogen. Zwei von den Milchen waren vom 6. und 7. Tage der Laktation, es wurden nur Stichproben von 60 bis 70 ccm gesammelt, von der dritten Milch fehlte die Angabe über Zeit der Laktation und abgesaugten Milchmenge.

In seiner Erwiderung sagt nun Schöndorff: »Mir hatte alles andere ferner gelegen, als zu behaupten, dafs im allgemeinen der Eiweifsgehalt so viel betrüge, als ich angegeben, sondern ich habe in meiner Zusammenfassung der Ergebnisse nur das Mittel aus meinen Analysen angegeben. Und wenn Camerer nicht nur die Schlufssätze, die doch nur zur Erleichterung des Lesers eine kurze Zusammenfassung der Hauptergebnisse der Arbeit bedeuten, sondern auch die Arbeit selbst gelesen hätte, so würde er gefunden haben, dafs ich immer nur von der untersuchten Frauenmilch geredet habe.«[1]) — Wenn ich in der That nur die Schlufssätze gelesen hätte, so hätte ich von den kleinen Stichproben, von der Laktationszeit und anderen Einzelheiten der Versuche, von denen in meiner Kritik die Rede ist, nichts wissen können, da die Schlufssätze darüber kein Wort enthalten.

Wenige Zeilen nach den eben zitierten Sätzen rechtet Schöndorff in seiner Erwiderung mit mir eben wegen dieser Stichproben. Wir erfahren dabei nachträglich, dafs er von derjenigen Milch, bei welcher in der Hauptarbeit die Menge nicht angegeben war, 2000 ccm abgesaugt hatte. — Wie reimt sich dies mit dem Vorwurf, ich habe die Arbeit selbst nicht gelesen? Ich habe, angesichts des mir ärgerlichen Schlufssatzes, natürlich nachgeforscht, wie wohl Schöndorff zu seiner falschen Behauptung gekommen

1) Schöndorff macht aufserdem noch eine Bemerkung, aus welcher der mit der modernen Milchanalyse nicht speciell vertraute Leser schliefsen wird, ich (und Söldner) seien gegen E. Pfeiffer und andere unserer Vorarbeiter litterarisch nicht ganz loyal gewesen. Wir haben bekanntlich die Verdienste Pfeiffers und aller uns bekannten Forscher jederzeit nach Gebühr gewürdigt. Siehe z. B. diese Zeitschr. Bd. 36 S. 282.

ist und seine drei Milchanalysen gründlich studiert, auch gefunden, was ich erwartet hatte, nämlich, dafs es sich nur um Frühmilchen handelte. Wenn Schöndorff nicht allen Lesern von Pflügers Archiv, in unserem Falle also z. B. den Kinderärzten, zumuten will, umfangreiche Arbeiten zu studieren, in welchen die sie interessierende Frauenmilch einen sehr kleinen Raum einnimmt und demnach Schlufssätze formuliert, so habe ich gewifs nichts dagegen. Es dient aber nicht zur Erleichterung sondern zur Irreführung solcher Leser, wenn er die Schlufssätze falsch formuliert. Und wie viel Worte mehr hätte es denn gekostet, den betreffenden Schlufssatz richtig zu formulieren? In fast allen neuen Arbeiten von Kinderärzten findet man den Gehalt der Frauenmilch an Eiweifs unrichtig, d. h. viel zu hoch angegeben und ich kann Schöndorff nicht von der Schuld freisprechen, in seinem Teil zu diesem, wie ich fürchte schwer austilgbaren Irrtum beigetragen zu haben.[1]) Ich bin auf den Fall näher eingegangen, weil er mir von allgemeiner Bedeutung scheint: Es ist eine überall bekannte und beklagte Eigentümlichkeit der Bonner Schule, kategorische Schlufssätze, man könnte sagen wissenschaftliche Dekrete der gelehrten Welt zu verkündigen, gelegentlich auch auf Grund eines dürftigen Versuchsmaterials. — Schöndorff hätte meiner Ansicht nach allen Grund gehabt, mir für den Tadel dankbar zu sein; will er daraus keine Lehre ziehen, so bedauere ich das und zwar in erster Linie in seinem eigenen Interesse.

4. Die Seifen der Frauenmilch. Im Centralblatt für Physiologie Bd. XIII Nr. 26a berichtet Hellwig über meine und Söldners Arbeit »Beiträge zur Physiologie des Säuglingsalters«[2]) und fügt als eigene Bemerkung bei: »Rubner hat

1) Mir will scheinen, als ob Schöndorff damals, als er seinen Schlufssatz formulierte, selbst nichts davon wufste, dafs der Eiweifsgehalt der Frauenmilch mit der Zeit der Laktation so erheblich und regelmäfsig abnimmt, was ihm als einen mit der Frauenmilchanalyse nicht speciell beschäftigten Mann nicht so übel genommen werden könnte, als die fahrlässige Formulierung des Schlufssatzes, wenn ihm der wirkliche Sachverhalt bekannt war. Seine Verteidigung finde ich dann freilich möglichst unglücklich.

2) Diese Zeitschr. Bd. 39 S. 37.

selbst vermutet, dafs die von ihm im Trockenrückstand (der Milch) gefundenen 2,69% Seifen sich beim Trocknen der Milch infolge ihrer alkalischen Reaktion gebildet haben und hat nirgends behauptet, dafs die ursprüngliche Milch 0,3% Seife enthielte. Diese Zahl ist von den Verfassern ausgerechnet worden.« Weiter polemisiert Hellwig gegen die Technik Söldners bei den Seifenanalysen, worauf ich hier nicht einzugehen brauche, da die Polemik auf einem freilich nicht recht verständlichen Irrtum Hellwigs beruht, wie bei sorgsamer Lektüre von Söldners Mitteilung ohne weiteres erhellt.

Nun ist nicht nur von uns, sondern auch von Anderen (in einigen ganz neuen Schriften) der Frauenmilch ein Gehalt an Seife zugeschrieben, indem die betreffenden Autoren die Worte Rubners auslegten wie wir. Hellwig versteht sie anders, dann leidet aber die Darstellung Rubners an einem inneren Widerspruch. Es würde mehr Raum und Zeit beanspruchen, als der doch nicht so bedeutenden Sache zukommt, wollte ich die in der That verwickelte Frage bis in ihre letzten Einzelheiten verfolgen, ich begnüge mich deshalb mit folgenden Hinweisen, welche dem in Fragen der Milchanalyse bewanderten Leser zur Orientierung genügen werden. Rubner hat seine Milch nur bei hoher Temperatur getrocknet, wahrscheinlich zuerst im Wasserbad und dann im Trockenschrank; sodann mit Äther extrahiert; Söldner hat die auf einer Adamsrolle ausgebreitete Milch bei Zimmertemperatur getrocknet und erst, als fast alles Wasser verdunstet war, die Rolle in den Trockenschrank und in höhere Temperatur gebracht; schliefslich auch mit Äther extrahiert. Bei letzterem Verfahren bilden sich keine Seifen, wohl aber (oft oder immer) bei ersterem. Meine und Söldners »unbekannten Stoffe der Frauenmilch« sind berechnet auf Grund der Ätherextraktion von Adamsrollen; die »unbekannten Stoffe« in Rubners Darstellung auf Grund von Ätherextraktion seiner Trockensubstanz. Wenn Rubner[1]) schreibt, »dafs man bei der Frauenmilchanalyse mit dem Vorkommen von Seifen wohl rechnen mufs; damit wird die Menge der unbekannten Stoffe

1) Diese Zeitschr. Bd. 36 S. 47.

des N-haltigen Restes nicht unerheblich reduziert«, so darf dies nicht auf unsere Angaben über die Menge dieser Stoffe angewandt werden (1,1 g bei 100 g Frühmilch; 0,5 g bei 100 g Spätmilch; 0,6 g in der bei Rubner in Frage kommenden Laktationszeit, welch letztere bei einem Seifengehalt der Milch von 0,3% auf 0,3 g reduziert würden). Denn weder in der genuinen Milch noch in der Trockensubstanz der Adamsrollen sind Seifen enthalten. — Schuld an dem Mifsverständnis ist zum Teil ein aus früherer Zeit übernommener zweideutiger Sprachgebrauch des Wortes Trockensubstanz. Man versteht darunter meist dasjenige Material, welches man beim Trocknen organischer Substanzen, z. B. von Milch, wirklich erhält. Seine Zusammensetzung und Menge ist nach der Art des Trocknens, der angewendeten Temperatur etc. immer verschieden. In anderen Fällen versteht man aber darunter die genuinen Substanzen der unveränderten Milch, wasserfrei gedacht. Ähnliche Begriffsverwirrung trifft man nicht selten bezüglich der Worte Asche oder Mineralbestandteile bei organischen Substanzen.

Über ausgeprefste Extrakte von Ascaris lumbricoides und ihre Wirkung.

Von

Ernst Weinland.

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

An früherer Stelle[1]) habe ich mitgeteilt, dafs die Stoffzersetzung bei Ascaris im geschlechtsreifen Zustand zum weit überwiegenden Teil in einer Zersetzung von Kohlehydrat (Glykogen bezw. Dextrose) besteht, wobei in der Hauptmenge Kohlensäure und Valeriansäure gebildet werden. Dabei war es besonders bemerkenswert, dafs diese Zersetzung ohne Sauerstoffzufuhr stattgefunden hatte, dafs sie also den Gärungsprozessen bei Hefe, Bakterien etc. an die Seite zu setzen war.

Im Jahre 1897 hat E. Buchner[2]) in Gemeinschaft mit Rapp u. A. gezeigt, dafs das bei der Hefegärung wirksame Prinzip nicht an das Vorhandensein der organisierten Form der Zelle gebunden ist, dafs vielmehr auch der ausgeprefste Saft der Hefezellen alkoholische Gärung zu erzeugen im stande ist. Buchner schlofs aus seinen Versuchen, dafs es sich bei dieser Gärwirkung, ebenso wie z. B. bei der Zerlegung des Eiweifses durch den Pankreassaft, um die Thätigkeit eines speciellen

1) Zeitschr. f. Biol. 1901, Bd. 42 S. 55 ff.

2) Buchner, Ber. der d. chem. Ges. 1897, Bd. 30 S. 117.

Fermentes, der Zymase, handle, welche von den Hefezellen gebildet wird.

Es lag die Frage nahe, ob sich bei Ascaris, einem vielzelligen tierischen Organismus mit differenzierten Organen, in dem, wie erwähnt, ebenfalls eine Gärungserscheinung abläuft, ein analoges Verhalten beobachten lasse, und ich habe in dieser Richtung Versuche angestellt.

In einem Vorversuch sah ich, dafs ein aus Ascaris durch Zerreiben mit Quarzsand hergestellter Brei, durch den ich in der a. a. O. beschriebenen Anordnung Wasserstoff leitete, Kohlensäure abgab. Als Antisepticum diente bei diesem Versuche erst Chloroform, darauf Kaliumarsenit in stark alkalischer (CO_2 haltiger) Lösung.

Die Prefssäfte wurden mit wenigen Ausnahmen mit gütiger Erlaubnis von Herrn Professor H. Buchner im hygienischen Institut der Universität hergestellt. Das Verfahren war dabei kurz das folgende: Die sorgfältig abgespülten Tiere[1]) wurden mit der gleichen Gewichtsmenge Quarzsandes (in den späteren Versuchen unter Zusatz von etwas Na_2HPO_4 in Lösung) zerrieben (es ist wichtig, diese Zerreibung ziemlich lange fortzusetzen, z. B. bei 100 g Ascaris 15 Minuten oder länger), dann wurde allmählich $^1/_4$ des Gewichtes der Tiere an Kieselgur zugesetzt und weiter zerrieben, bis das Ganze eine teigartige Konsistenz angenommen hatte. Beim Auspressen dieser Paste erhielt ich etwa 50 ccm Saft von je 100 g Tiere (Saft I). Gewöhnlich wurde der Rückstand nochmals mit ein wenig 1 proz. Kochsalzlösung, der in den späteren Versuchen ebenfalls etwas zweifach basisch phosphorsaures Natron zugesetzt war, aufgenommen und zum zweiten Male ausgeprefst (Saft II). Saft I und II wurden stets vor dem Gebrauch durch ein mit Kieselgur gedichtetes Filter filtriert. Die so erhaltene Lösung war völlig klar, leicht tropfbar, schwach alkalisch bis neutral (die Säfte,

---

1) Die Gewinnung von Material war besonders im Frühjahr etwas schwierig, da es sich bei diesen Versuchen um etwas gröfsere Mengen von Ascaris handelte.

bei welchen Na_2HPO_4 zugesetzt war, waren natürlich stets alkalisch), von rötlich-opalescenter Farbe, besafs einen eigentümlichen Geruch und klebte etwas zwischen den Fingern.

Der Kohlehydratgehalt der Säfte war ein beträchtlicher. Ich fand in Prefssaft IV (9. II. 1901) in 40 ccm frischem Saft (von im ganzen 160 ccm Saft I und II zusammen, aus 147 g Ascaris) 0,69 g Glykogen (1,7 %) und 0,19 g Dextrose (0,5 %).

In Extrakt V (16. II. 1901), mit einer Handpresse gewonnen, aus 73 g Ascaris, welchen 127 ccm Flüssigkeit zugesetzt waren), in 31 ccm (von im ganzen 77 ccm Extrakt) nach einer Respiration bei 37° von drei Tagen, am 5. Tage nach dem Auspressen 0,30 g Glykogen und 0,33 g Dextrose, also von beiden Substanzen je 1 %. Als Antisepticum diente bei diesem Versuch Chloroform.

In Extrakt III (2. II. 1901), 20 ccm Filtrat, fanden sich 0,98 g Dextrose (4,9 %).

In Prefssaft VII (27. II. 1901, 111,5 g Ascaris, die einen Tag ohne Flüssigkeit mit Chloroform im Eisschrank gelegen haben) fanden sich in 20 ccm (von insgesamt 81,5 ccm Pressung I und II) nach viertägiger Respiration mit Wasserstoff vom 28. II. ab, und nach weiterem dreitägigen Stehen am 7. III. 0,18 g Glykogen (0,9 %). Als Antisepticum diente Fluornatrium zu 0,75 % in der Lösung.

In Prefssaft I (18. I. 1901, aus 202 g Ascaris), in 58 ccm von in toto 125 ccm der ersten Pressung, fanden sich nach sechstägiger Respiration und Zusatz von 10 g Dextrose, vier Tage nach Beendigung der Respiration, am 28. I. noch 0,35 g Glykogen (0,6 %); als Antisepticum diente Kaliumarsenit zu 1 % in der Lösung.

In Prefssaft II (25. I. 1901, aus 149 g Ascaris) in 42,5 ccm Saft von im ganzen 90,5 ccm Flüssigkeit der ersten Pressung fanden sich nach Zusatz von 10 g Dextrose und sechstägiger Respiration mit Wasserstoff am 31. I. 0,87 g Glykogen (2,0 %). Als Antisepticum diente Kaliumarsenit zu 1 % in der Lösung.

Der in den Säften enthaltene Zucker ist Dextrose. Ich identifizierte dieselbe in einem Versuch (Saft VIII vom 2. III. 1901), indem ich aus dem ersten Waschwasser des Niederschlages

des Saftes, das ich durch Centrifugieren von dem Niederschlag getrennt hatte, ein Osazon darstellte. Dieses Osazon war in heifsem Wasser nicht löslich, hatte den Schmelzpunkt bei 205° bis 204° und bestand (mikroskopisch) aus fächer- und ähren-förmigen Aggregaten.

Aus diesen Befunden geht hervor, dafs der frische Saft eine beträchtliche Menge Kohlehydrat (Dextrose und besonders auch Glykogen) enthält. Dieses Glykogen findet sich jedoch nicht nur im frischen Saft, sondern auch noch nach mehreren (fünf, ja acht) Tagen, wenn auch dann in etwas geringerer Menge.[1]) In einem Saft, welchem Dextrose zugesetzt war, fand sich sogar noch am 10. Tage nach der Gewinnung des Saftes Glykogen. Auch die Erwärmung des Saftes auf 37° bei der Respiration störte dieses Verhalten nicht. Als Antiseptica waren Arsenit (1 %), Natriumfluorid (1 %) und Chloroform verwendet worden. Alle drei waren in dieser Hinsicht gleich wirksam.

Beim Kochen coagulierte der Saft, enthielt somit Eiweifskörper.[2])

Ich berichte im folgenden zunächst über meine Versuche betreffend die Bildung von Kohlensäure. Über das Verfahren, dessen ich mich dabei bediente, habe ich zu dem, was ich früher über dasselbe beim lebenden Tiere mitgeteilt habe, einiges hinzuzufügen. Einmal war es notwendig, dem Safte ein Antisepticum zuzusetzen (s. u.), um Sicherheit zu haben, dafs nicht bakterielle Gärungen in demselben Zersetzungen erzeugten, die ebenfalls Kohlensäure und eventuell auch eine flüchtige Fettsäure erzeugen konnten.

Bei der von mir gewählten Anordnung für die CO_2-Bestimmung eignete sich hierfür ein flüchtiger Stoff nicht, da der-

1) Es ist wohl kein Zweifel, dafs bei dieser Verminderung des Glykogens in den älteren Säften die Wirkung eines diastatischen Fermentes sich zeigt, welches in dem Saft, wie im Tiere, vorhanden ist.

2) Einige probeweise Versuche, die ich gemeinsam mit Hrn. Dr. Geret über das Vorhandensein eines dem Endotrypsin von Hahn und Geret (Zeitschr. f. Biol. 1900, Bd. 40) analogen Fermentes mit Gelatine anstellte, ergaben ein negatives Resultat.

selbe stets in kürzerer oder längerer Zeit, besonders bei einer Temperatur von 37° — 40°, vom Gasstrom mitgerissen wurde. Dies macht einmal fortwährende sorgfältige Erneuerung desselben nötig und erschwert die Dosierung aufserordentlich, sodann schliefst es die Benutzung von Chloroform unbedingt aus, da dieses bei längerer Berührung mit Barytlauge nicht unverändert bleibt, sondern eine Reaktion eingeht unter Bildung von $BaCl_2$. Von den nicht flüchtigen Antisepticis brachte Kaliumarsenit, das ich nach Buchners Vorgang benutzte (indem ich As_2O_3 mit K_2CO_3, je 1 Molekül, löste) und meist in 1proz. Lösung im Saft anwandte, den Nachteil mit sich, dafs nach Zusatz dieser Lösung ausgetretene Kohlensäure sowohl vom Antisepticum herrühren konnte (durch eine etwa im Saft gebildete Säure ausgetrieben), als vom Saft selbst, die Herkunft der CO_2 also unbestimmt liefs. Derartige Versuche waren daher nur für den Nachweis brauchbar, ob überhaupt eine Säure- oder Kohlensäurebildung statthatte oder nicht, sowie zur Kontrolle, da sie natürlich jede bakterielle Thätigkeit vollkommen ausschlofs. Zudem brachte dieser Stoff den Nachteil, dafs in dem Saft enthaltener Zucker das As_2O_3 unter Braunfärbung der Lösung reduzierte.

Gewöhnlich bediente ich mich des von Tappeiner[1]) zuerst empfohlenen Fluornatriums, welches ich zu 1—2% dem Saft zusetzte[2]), entweder gelöst oder in Substanz. Das von mir verwendete Präparat gab auch bei länger dauerndem Durchleiten von Wasserstoff nur Spuren von Kohlensäure ab, dasselbe war der Fall, wenn es zusammen mit einem unwirksamen Saft oder in essigsaurer Lösung bei 37° respiriert wurde. Es war also nicht wie manche käuflichen Präparate mit Soda verunreinigt.

Sodann war es nötig, die CO_2-Bildung der Säfte durch längere Zeit zu verfolgen, um ein ungefähres Bild der Wirkung

1) Tappeiner, Archiv f. exp. Path. 1890, Bd. 27 S. 108.

2) Die allgemein bekannte, kräftige, antibakterielle Wirkung des Fluornatriums erhellt z. B. auch aus dem oben mitgeteilten Versuch an Prefssaft VII, in welchem nach Fluornatriumzusatz noch am 8. Tage nach der Pressung 0,9% Glykogen enthalten waren. — Niemals war übrigens an den Säften, auch nicht nach wochenlangem Aufbewahren, ein übler Geruch wahrzunehmen.

der Extrakte zu erhalten, besonders auch mit Rücksicht auf die verschiedenen zugesetzten Antiseptica.

Wie ich schon erwähnt habe, war der frische Saft rötlich gefärbt, völlig klar, von mäſsig alkalischer bis neutraler Reaktion, wenn er ohne Zusatz eines die Reaktion beeinflussenden Mittels dargestellt war. Derartiger frischer Saft behielt seine Eigenschaften längere Zeit, wenn er, umgeben von Eis oder im Eisschrank aufbewahrt wurde, auch im Keller, z. B. mehrere Tage, je nach der Wirksamkeit des Saftes, dann änderte sich allmählich die Reaktion und es trat eine Trübung des Saftes ein, der übrigens seine rote Farbe behielt und nur allmählich eine graue Färbung annahm. Im Zimmer (mit Toluol, NaFl) war das Verhalten ähnlich aber beschleunigter.

Brachte ich jedoch den Saft in eine Temperatur von 37° — 40°, so trat regelmäſsig nach einem Tag oder innerhalb noch kürzerer Zeit eine starke Niederschlagsbildung auf, sowohl bei Säften, die respiriert wurden, als bei solchen, die verschlossen standen. Die Reaktion des Saftes war dabei neutral bis schwach alkalisch, hie und da auch schwach sauer. Durch Säurezusatz konnte die Fällung hervorgerufen bezw. gesteigert werden. Die Anwesenheit von Toluol, Chloroform, Fluornatrium störte die Ausfällung nicht, dagegen beobachtete ich bei Zusatz der stark alkalischen Arsenitlösung keinen Ausfall in solcher Menge wie in den übrigen Fällen, nur eine Trübung trat ein. Diese Thatsache muſs ich hier vorausschicken, da sie für die Versuche über die Kohlensäurebildung von groſser Bedeutung ist, wie sich an den folgenden Beispielen über dieselbe in den ersten beiden Tagen der Respiration der Säfte mit Wasserstoff zeigt.

Bei der Durchleitung von Wasserstoff durch den mit einem Antisepticum versetzten Saft begann sogleich die Abscheidung von Kohlensäure. In der Tabelle I ist die CO_2 bezogen auf 100 ccm Saft, bei welchem jedoch das eventuell zugesetzte Wasser in Abzug gebracht ist, also auf 100 ccm tierische Substanz.

Tabelle I.

No.	Gepreſst am	Ascaris g	Zugesetzte Flüssigkeit ccm	Beim Pressen auſser NaCl (1 proz.) zugesetzt	Gesamtsaft ccm	Ascaris am Saft ccm	Antisepticum	Respiration beginnt am	CO_2 auf 100 ccm Ascaris am Saft in mg, Tag 1.	2.	3.	4.	5.	6.	
XV	14. VI.	178	80	Na_2HPO_4	175	95	NaFl 1,5 %	15. VI.	38		—	—	—	—	Nach dem Versuchsprotokolle hat sich die CO_2 am 2. Tag nicht mehr vermehrt.
XIV	12. »	133	54	»	140	86	» 1,5 »	13. »	34,8	6,9	—	—	—	—	
XIII	1. »	120	53	»	122	69	» 1 »	3. »	36,5		62,2		—	—	Nach meinen Notizen am 2. Tag Abfall in der CO_2-Bildung.
XII	29. V.	220	60	»	190	130	» 0,9 »	30. V.	22,7	—	—	—	—	—	Berechneter Mittelwert aus Vers. 2 und 1.
IX,1	2. »	197	—		120	120	» 0,9 »	2. »	19,0	7,4	—	—	—	—	
IX,2	2. »	197	50		54	—	» 0,8 »	2. »	13,5	6,9	—	—	—	—	
IX	2. »	197	50		174	124	» 0,9 »	2. »	24,2	9,0	—	—	—	—	Berechneter Mittelwert aus Vers. 1 und 2.
VII	27. II.	111,5	20		81,5	61,5	» 0,75 »	28. II.	34,3	25,0			—	—	Vor dem Pressen 1 Tag mit $CHCl_3$ im Eisschrank (tot).
II,1	25. I.	149	—		90,5	90,5	$CHCl_3$	26. I.	49,1	Spur	—	—	—	—	
II,1	25. »	149	—		90,5	90,5	As_2O_3 2 %	25. »	140	110	68,1	42,9	33,1	21,9	
I,1	18. »	202	—		125	125	Toluol	19. »	38,5	11,5	—	—	—	—	
I,1	18. »	202	—		125	125	As_2O_3 2 %	18. »	104	101,7		46,7	46,6		
I,1 u. 2	18. »	202	—		68	—	Toluol	21. »	38,5	23,0		—	—	—	

Danach beträgt die Menge der abgegebenen CO_2 am ersten Tage in den zuverlässigen Bestimmungen mit Toluol, NaFl als Antisepticis wohl übereinstimmend zwischen 22,7 mg und 38,5 mg CO_2 (Versuch XIV, XII, IX, VII, I,1, I,2 und 1), im Mittel 32,2 mg CO_2. Versuch II,1 mit Chloroform als Antisepticum stimmt hiermit wohl überein.

Stark wich dagegen die CO_2-Menge der beiden Versuche mit As_2O_3-K_2CO_3-Zusatz ab. Ein Teil der hier erscheinenden Kohlensäure ist jedenfalls durch die vom Saft gebildete freie Säure (s. u.) aus der Pottasche ausgetrieben, doch kann dieser Teil nur gering sein[1]) (s. u.).

Wesentlich anders stellt sich die CO_2-Ausscheidung am zweiten Tage der Gasdurchleitung. In allen Versuchen, mit NaFl, Toluol, ja auch mit $CHCl_3$-Zusatz und Respiration, in welchem die CO_2 am ersten und am zweiten Tage gesondert bestimmt wurde, zeigte sich ein sehr starker Abfall der CO_2 am zweiten Tag (6,9, 7,4, 6,9, 11,5 mg CO_2). Im Mittel erhielt ich an demselben 8,2 mg CO_2, also nur den vierten Teil der CO_2 des ersten Tages. Auch die Versuche, in welchen die CO_2 des zweiten Tages zusammen mit derjenigen des ersten oder mit derjenigen der folgenden Tage bestimmt wurde, stimmen hiermit überein bezw. widersprechen nicht.

Allein die beiden Versuche mit Zusatz von As_2O_3-K_2CO_3 ergeben einen ganz anderen Befund. Die CO_2-Menge nimmt hier zwar auch ab, aber verhältnismäfsig viel weniger und sinkt an den folgenden Tagen fortwährend weiter ab. Es sind dies die nämlichen Versuche, in welchen auch die oben schon erwähnte starke Ausfällung ausgeblieben ist, während diese Ausfällung, wie erwähnt, in allen Versuchen, in welchen der starke CO_2-Abfall eingetreten ist, stattgefunden hat. Es ist wohl kein Zweifel, dafs diese Verschiedenheit in der CO_2-Ausscheidung am zweiten Tag hiermit im Zusammenhang steht. Bei dem Zusatz der stark alkalischen Arsenitlösung kommt es nicht zur Ausfällung im Saft und vermutlich deshalb sinkt die CO_2 nur langsam

1) Ich bemerke hier nochmals besonders, dafs die Säfte zu Beginn des Versuches schon an sich alkalisch reagierten.

von ihrer ursprünglichen Höhe ab, in dem Falle aber, daſs es zu einer Ausfällung kommt, nimmt sie plötzlich sehr stark ab. Daſs das gleiche Moment auch für die Erklärung der — gegenüber den Arsenitversuchen — geringeren CO_2-Ausscheidungen am ersten Versuchstag bei den Versuchen mit Niederschlagsbildung zu verwenden ist (natürlich neben dem schon oben angeführten Grunde), wird sich unten zeigen.

Es hatte sich ergeben, daſs bei den sehr stark alkalischen Arsenitsäften die CO_2-Produktion nicht so schnell auf ein sehr geringes Maſs sank, wie bei den Säften mit Niederschlagbildung. Es war daher zu untersuchen, ob die Aktivität der letzteren dauernd verloren war. Die Versuche in dieser Richtung stellte ich in verschiedener Weise an.

In einem vorläufigen Versuch (bei Saft II,1, $CHCl_3$) versetzte ich den sauren Saft zu Beginn des dritten Respirationstages mit Natronlauge bezw. mit Soda bis zur alkalischen Reaktion und erhielt nun (nach vorübergehender Steigerung durch die CO_2, welche die Säure des Saftes austrieb) wieder eine CO_2-Ausscheidung, welche durch viele Tage anhielt und in der Höhe die CO_2-Menge erreichte, die ich an der mit Arsenit versetzten Partie desselben Saftes (Tab. I) während der ersten Tage beobachtet hatte. Nur ganz allmählich und langsam sank die CO_2-Menge an den späteren Tagen ab. Auch eine Filtration des Saftes am dritten Tage nach dem Zusatz der Natronlauge änderte die CO_2-Menge nicht wesentlich: es war also die wirksame Substanz in dem alkalischen Saft wieder in Lösung bezw. durchs Filter gegangen.

Es schien nach diesen Beobachtungen durchaus möglich, die CO_2-Produktion durch Alkalizusatz wieder in die Höhe zu treiben und ich verfuhr in den hierzu bestimmten Versuchen in der Weise, daſs ich Lösung und Niederschlag für sich in Untersuchung nahm.

Die Lösung erhielt ich in der Weise, daſs ich sie entweder (meistens) durch Centrifugieren oder (seltener, anfangs) durch Filtrieren von dem Niederschlag trennte, der entweder durch Erwärmen auf 37° (meistens) oder (seltener) durch Ansäuern aus dem Saft durch Abscheidung gebracht wurde.

Die folgende Tab. II S. 96/97 stellt das Ergebnis dieser Versuche zusammen. Es ist dabei, wo es möglich war, ähnlich wie in Tabelle I die erhaltene CO_2 auf 100 ccm Ascaris an der Lösung umgerechnet, um vergleichbare Gröfsen zu erhalten.

Ich bespreche zunächst diejenigen Versuche, welche ich zuletzt angestellt habe, also Versuche XXI, XX,1 und XX,2, XIX, XVIII und XIV. In denselben ist der störende Zusatz von Chloroform oder Soda vermieden, die alkalische Reaktion regelmäfsig durch Hinzufügen von Dinatriumphosphat[1]) zur Lösung hervorgebracht.

Die höchsten CO_2-Werte lieferten die Versuche XVIII, XIX und XX,2. Bei denselben steigt die CO_2-Menge auf über 100. ja bis zu 235 mg für 100 ccm Ascaris bezw. Lösung (Vers. XX,2), Im letzteren Versuch würde, die CO_2-Menge auf 100 ccm Tier an der Lösung berechnet, noch bedeutend höher sein (dasDoppelte oder mehr betragen). Die drei anderen Versuche dieser Gruppe liefern niederere Werte. Versuch XX,1 scheidet infolge eines Versehens aus. In Versuch XXI sind die Ascariden nur kurze Zeit und ungenügend zerrieben. Ähnlich ist auch in Versuch XIV das Zerreiben nicht hinreichend ausgeführt worden. Die Werte, die ich bei den drei einwandfreien Versuchen erhielt, bestätigen die hohen CO_2-Mengen, die ich in den Arsenitversuchen I und II beobachtete, übertreffen sie sogar zum Teil. Dagegen zeigen die Versuche eine bemerkenswerte Abweichung von den Arsenitversuchen darin, dafs die CO_2-Bildung nicht sogleich am ersten Tage am höchsten ist und von da ab schneller oder langsamer abfällt. Es findet sich vielmehr regelmäfsig die Eigentümlichkeit, dafs die CO_2 relativ niedrig beginnt, darauf während mehrerer Tage ansteigt und dann erst wieder allmählich absinkt. Es ist nach diesen Versuchen an eine anfängliche Zunahme (bezw. das allmähliche Nachlassen einer Hemmung?) in der Wirkung des zersetzenden Stoffes unter dem

---

1) Dieses Dinatriumphosphat war, wie mich ein specieller Versuch vergewisserte, so gut wie CO_2 frei: 50 ccm einer gesättigten Lösung bei 37° unter Wasserstoffrespiration werden mit H_2SO_4 bis zur sauren Reaktion versetzt. Es finden sich in der vorgelegten Barytlauge 0,9 mg CO_2.

Tabelle II.

No. Gepreſst am	Ascaris g	Zugesetzte Flüssigkeit ccm	Beim Pressen aufser NaCl (1 proz.) zugesetzt	Gesamtsaft ccm	Ascaris am Saft ccm	Lösung erhalten durch	Verwendete Lösungsmenge ccm	Antisepticum	Respirations-Beginn
XXI 24. VII.	322	110	Na_2HPO_4	290	180	Centrifug.	80 (= 50 ccm A.)	NaFl 1,6 %	27. VII.
XX,1 17. »	240	10	»	146	136	»	110 (=102 ccm A.)	» 1,5 »	19. »
XX,2 17. »	240	60	»	61	?	»	27	» 1,5 »	19. »
XIX,1 11. »	241	30	»	125	95	»	65,5 (= 50 ccm A.)	» 1,7 »	13. »
XVIII,1 u. 2 3. VII.	133	20	»	92	72	»	51 (= 40 ccm A.)	» 1,5 »	5. »
XIV,1 u. 2 12. VI.	133	54	»	140	86	»	unter 133 (= unter 81 ccm A.)	» 1,5 »	15. VI.
XII,1 u. 2 29. V.	220	60	»	190	130	»	150 (=103 ccm A.)	» 0,9 »	31. V.

Einfluſs des NaFl zu denken. Ähnliche Angaben über die Wirkung des Fluornatriums sind schon von anderer Seite gemacht worden. Effront[1]) z. B. gibt an, daſs es, in kleiner Menge (0,005 %) zugesetzt, die Wirksamkeit der Hefe steigere. Es ist also nicht auffallend, wenn etwas Ähnliches auch bei dem von mir hergestellten Ascarissaft der Fall ist.

Der Versuch, den ich unter Zusatz von Chloroform und Soda mit dem gesamten Saft angestellt hatte, zeigte nichts von diesem anfänglichen Anwachsen der CO_2-Bildung.

Eine weitere Verschiedenheit in der Wirkung der von mir benutzten Antiseptica findet sich darin, daſs die CO_2-Bildung bei den Versuchen mit Arsenitzusatz schnell abnahm und schon nach wenigen Tagen so gut wie völlig aufhörte, während dieselbe bei den Versuchen mit NaFl oder mit $CHCl_3$ längere Zeit sich erhielt.

Des ferneren ist zu bemerken, daſs bei Versuch XVIII die erste und die zweite Pressung zusammen zur Verwendung kamen.

1) Vgl. Bokorny, Pflügers Archiv 1901, Bd. 85 S. 257.

Tabelle II.

No.	CO_2 auf 100 ccm Ascaris an der Lösung in mg — Tag 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
XXI	26,2				79,4				(9,9)	—	Na_2HPO_4 zugesetzt
XX,1		39,2	(13,1)	—	—	—	—	—	—	—	„ „
XX,2		249 (83)		471 (235)			424 (141)		95,5	—	„
XIX,1		72,6	(18,1)		93,0 (46,5)		—	—	—	—	„ „
XVIII,1 u.2		184	(46)		353 (118)				243 (81)		„ „
XIV,1 u. 2	15,8 (7,9)	11,7	21,5	26,4			103		25,8	—	Zu Beginn des 4. Respirat.-Tages Na_2HPO_4 zugesetzt, bis stark alk.
XII,1 u 2		69,3	13,9			37,1 18,5		—	—	—	Ohne jeden weiteren Zusatz, schwach alk.

Bei Versuch XIX wurde nur die erste Pressung verwendet, bei Versuch XX jede von beiden gesondert in Versuch genommen. Es zeigte sich bei Versuch XIX eine verhältnismäfsig geringe CO_2-Produktion, dagegen eine sehr hohe bei Versuch XX,2 und eine mittlere bei Versuch XIX,1 und 2 gemischt. Ich entnehme daraus, dafs der erste Saft, welcher zum grofsen Teil schon bei niederem Drucke sich aus der Ascarismasse gewinnen liefs, relativ arm an der wirksamen Substanz war (er bestand wohl zum grofsen Teil aus dem flüssigen Leibesinhalt der Tiere), während der zweite Saft viel mehr von dieser Substanz enthielt. Dieser Saft begann erst unter bedeutend höherem Drucke aus der Masse auszusickern. Eine Bestätigung dieser Auffassung wird sich bei Besprechung der Versuche über die Wirkung des Niederschlages der Säfte finden.

Die ersten Versuche ohne Chloroform- und Sodazusatz (Beispiel: Vers. XII) ergeben noch niedere CO_2-Werte. Der Grund hierfür liegt in erster Linie darin, dafs bei denselben das Zerreiben nicht in genügender Weise ausgeführt wurde. Schon am

ersten Versuchstage (siehe Tab. I Vers. IX und XII) hatten diese Säfte geringere CO_2-Werte geliefert.

Aus den mitgeteilten Versuchen ergibt sich somit, dafs die Bildung von CO_2 in den Lösungen, die nach Abtrennung des Niederschlages aus dem Saft erhalten wurden, wenn die Tiere genügend zerrieben worden sind, lebhaft stattfindet.

Ich habe des weiteren Versuche angestellt über die CO_2-Bildung durch den Niederschlag. Dabei wurde der Niederschlag in den meisten Versuchen mehrmals (drei- bis sechsmal) mit Wasser gewaschen und durch Centrifugieren vom Waschwasser getrennt. Dies Verfahren wurde so oft wiederholt, bis die abgegossene Flüssigkeit die Trommersche Probe nicht mehr gab.

Es ist dies jedoch, wie ich bemerken mufs, kein Beweis dafür, dafs der Rückstand zuckerfrei ist. Dieser ballte sich vielmehr häufig zu gröfseren oder kleineren Klümpchen zusammen, innerhalb deren — wie mir eine Prüfung bewies —

Tabelle III.

No.	Geprefst am	Niederschlag aus wie viel ccm Asc. bezw. Saft?	Niederschlag erhalten durch	Ausgewaschen	Trommers Probe im Waschwasser	Niederschl.-Menge ccm	Zugesetzt aufser NaCl (1 proz.)	Antisepticum	Respirationsbeginn
XXI	24. VII.	168 ccm Ascaris	Erwärm.	5 mal	—	12	Na_2HPO_4	NaFl 1,2% Toluol	27. VII.
XX,2	17. »	41 ccm Saft von insges. 61 ccm Saft	»	4 »	—	5	»	NaFl 1%	19. »
XX,1	17. »	117 ccm Ascaris	»	4 »	—	3	»	» 1 »	19. »
XIX,1	11. »	95 ccm Ascaris	»	6 »	+	20	»	» 1,6%	15. »
XVII	26. VI.	100 ccm Ascaris	»	5 »	Spur	20	»	» 1,3 »	28. VI.
XV	14. »	95 ccm Ascaris	»	5 »	—	10	Na_2HPO_4 Dextr. 0,32 g	» 1,6 »	19. »
XIV	12. »	86 ccm Ascaris	»	4 »	—	5	Na_2HPO_4 Dextr. 0,3 g	» 1,5 »	15. »

noch reduzierende Substanz eingeschlossen sein kann, auch wenn das darüber stehende Wasser kein Reduktionsvermögen mehr besitzt. — Ob hierbei auch ein Teil der CO_2-bildenden Substanz mit dem Waschwasser verloren ging, kann ich nicht entscheiden.

Das Resultat dieser Versuche, von denen ich die wichtigsten in Tab. III zusammenstelle, stimmt im wesentlichen mit denjenigen von Tab. II, die mit der Lösung angestellt waren, überein. Die CO_2-Menge wurde bei diesen Versuchen nicht auf irgend eine Einheit umgerechnet. Dagegen ist bei jedem Versuch bemerkt, aus wie viel Saft bezw. Ascaris am Saft, der betreffende Rückstand gewonnen war.

Es findet sich auch hier wieder bei Versuch XXI die geringe Wirkung des Auszuges des ungenügend zerriebenen Breies. Während sich bei Versuch XX,1, XX,2, XIX die kräftige Wirksamkeit des Auszuges der genügend zerriebenen Würmer zeigt. Dabei ist bei Versuch XX — entsprechend der Beobachtung an den Lösungen, dafs der erste Saft schwächer wirkt als der zweite —

Tabelle III.

No.	mg CO_2 erhalten am 1. Tag	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
XXI	6,6		23,1						2,9)	
XX,2	23,5 (11,7)		57,5 (28,7)		filtr.	17,4	11,4 (5,7)		—	Am 3. Tag 0,3 g Dextrose zugesetzt. Am 6. Tag Na Fl-Gehalt auf 2% gebracht.
XX,1	16,8 (8,4)		47,7 (23,8)		filtr.	27,9	28,9 (14,4)		11,3	Am 3. Tag 0,3 g Dextrose zugesetzt. Am 7. Tag Na Fl-Gehalt auf 1,5% gebracht.
XIX,1	14,7 (7,3)		27,1 (13,5)		filtriert		17,4 (5,8)			
XVII	14,3 (4,8)			11,4	11,2	—	—	—	—	
XV	8,4 (4,2)		31,7 (10,6)			filtriert		19,8	8,4	
XIV	16,0 (8,0)		25,8 (12,9)		—	—	—	—	—	

die CO_2-Produktion bei dem zweiten Saft schon absolut stärker als beim ersten, z. B. am vierten Tage 28,7 mg gegen 23,8 mg CO_2; bezieht man dieselbe jedoch auf die Lösungsmenge, aus der der Niederschlag stammt, so verschiebt sich das Verhältnis um das Dreifache zu Gunsten des zweiten Extraktes (88,2 mg zu 23,8 mg CO_2), und dies wäre noch mehr der Fall, wenn es auf die Gewichtsmenge Ascaris des jedes von beiden Extrakten gleichzusetzen ist, bezogen würde.

Über die weiteren Versuche ist nichts Specielles hinzuzufügen.

Auch bei diesen Versuchen zeigt sich die oben bemerkte Wirkungsweise des Fluornatriums, in den ersten Versuchstagen eine allmähliche Steigerung der CO_2-Ausscheidung hervorzurufen.

Des weiteren ist bei den Versuchen mit Ausnahme von Versuch XIV, XVII und XXI nach vier- oder mehrtägiger Respiration das Niederschlagsgemisch filtriert worden. Die so erhaltene, meist ziemlich klare Lösung besafs, wie die Tabelle lehrt, regelmäfsig noch CO_2 bildende Kraft. In Versuch XX,1 hatte dieselbe noch ein wenig zugenommen, ebenso in Versuch XV, dagegen hatte sie in den übrigen Versuchen abgenommen.

Die CO_2-Zahlen dieser Versuche mit dem Niederschlag sind mit Ausnahme derjenigen der Versuche XIX, XX,1 und XX,2 klein. Es ist aber zu bedenken, dafs sie aus verhältnismäfsig kleinen Mengen, einigen Kubikcentimetern Rückstand, wovon noch stets ein grofser Teil, bei nicht wenigen Versuchen durch zu frühe Vermischung beim Abgiefsen der gröfste Teil, Wasser ist, herrühren. Sie würden daher, wenn sie auf 100 ccm Rückstand bezw. auf 100 g wirkliche Ascarisbestandteile bezogen würden, sehr stark in die Höhe gehen. Ich erhalte z. B. für 100 ccm Rückstand von

Versuch	XX,1	für	den	3.—4.	Tag	im Mittel	0,79	g CO_2
»	XX,2	»	»	3.—4.	»	»	0,57	» »
»	XIV	»	»	3.	»		0,26	» »

Die Versuche haben somit gezeigt, dafs die CO_2 bildende Substanz sowohl in der Lösung als im Niederschlag enthalten ist. Es besteht die Frage, woher diese CO_2 stamme?

Es ist zunächst zu bestimmen, wie viel CO_2 der Saft abgibt, wenn er durch Kochen koaguliert wird. Ich brachte deshalb in Versuch XIII den einen Teil des erhaltenen gemischten Saftes unter Zusatz von Fluornatrium bei 37° zur Respiration und erhielt dabei auf 100 ccm Ascaris am Saft am 1. und 2. Tag zusammen 36,5 mg CO_2
3. » 4. » » 62,2 » »
(am zweiten Tag war nach meinen Notizen keine bemerkenswerte Zunahme des $BaCO_3$ mehr zu beobachten).

Den andern Teil des Saftes kochte ich im Wasserbade, wobei er koagulierte. Ich erhielt dabei — wieder auf 100 ccm Ascaris berechnet — in den ersten zwei Stunden während des Kochens 22,2 mg CO_2, von da ab bei 37° für die nächsten zwei Tage zusammen 27 mg CO_2, also pro Tag 13,5 mg CO_2 von 100 ccm Ascaris am gekochten Saft.

Ein zweiter Versuch ergab mit einem Saft, der längere Zeit mit Sodazusatz und Chloroform respiriert war, nach $^3/_4$stündigem Kochen auf 100 ccm Ascaris für sechs Tage zusammen 30 mg CO_2 d. h. pro Tag 5 mg CO_2.

Nach dem ersten dieser Versuche ist es möglich, dafs am ersten Tage ein Saft $22{,}2 + \frac{11}{12} \cdot 13{,}5 = 34{,}6$ mg CO_2 abgeben kann, die nichts mit einem Lebens- oder Fermentierungsprozefs zu thun haben. Am zweiten Tage sinkt diese CO_2-Menge auf 13,5 mg herab. Der zweite Versuch ergibt für die späteren Tage der Respiration eine noch bedeutend geringere CO_2-Menge von etwa 5 mg pro Tag.

Nach diesen Versuchen ist es demnach möglich, dafs die am ersten Tage und auch die am zweiten Tage bei den Versuchen mit Fluornatrium, Toluol, Chloroform als Antisepticum abgegebene CO_2 nicht einem Gärungsprozefs ihren Ursprung verdankt, überhaupt nichts mit Lebenserscheinungen zu thun hat. Es ist jedoch nicht möglich, dafs die grofsen CO_2-Mengen von 50, 100, ja 200 mg CO_2 und mehr auf 100 ccm Ascaris am Tag, die ich an den späteren Tagen mit der abgetrennten Lösung, sowie mit dem Niederschlag allein erhalten

habe, ebenso wie diejenigen, die sich in den Versuchen mit Zusatz von alkalischer Arsenitlösung oder von Soda bei $CHCl_3$ als Antisepticum ergeben hatten, auf einen Koagulationsprozefs oder auf eine Austreibung von schon vorgebildeter CO_2 bezogen und mit ihr erklärt werden. Diese CO_2-Mengen sind vielmehr in dem Saft nicht vorgebildet, sondern werden in demselben fortwährend neu erzeugt.

Was die Herkunft dieser CO_2 betrifft, so ist auf Grund der von mir mitgeteilten Versuche[1]) vor allem an die reichlich im lebenden Tiere zersetzt werdenden Kohlehydrate zu denken. Nach meinen damaligen Beobachtungen werden von 100 g Ascaris im Tag etwa 0,8 g Kohlehydrate (Dextrose und Glykogen) verbraucht unter Bildung von etwa 0,4 g CO_2 und 0,3 g Valeriansäure.

Die Versuche, die ich mit dem unveränderten Saft, sowie diejenigen, die ich mit der restierenden Lösung anstellte, können zu dieser Frage keine Auskunft geben. In diesen Flüssigkeiten waren stets (s. o.) zwei oder mehr Prozent Kohlehydrate enthalten, welche lange genügen, um die ausgetretene CO_2 zu liefern. Dementsprechend gab z. B. die Lösung von Versuch XVIII am Ende der Respiration noch stark die Trommersche Probe. Die Versuche, die ich mit dem ausgewaschenen Niederschlag anstellte, leiden einmal an dem Übelstand, dafs der Niederschlag noch Zucker enthalten kann, auch wenn das darüber stehende Waschwasser von demselben frei ist (s. o.), sodann aber habe ich (siehe Tab. III) bei den meisten derselben zu Beginn oder später Dextrose zugesetzt. Versuch XXI, bei dem dies nicht geschah, beweist nichts, da er überhaupt sehr geringe CO_2-bildende Kraft besafs. Sicherstellende Versuche in dieser Hinsicht habe ich nicht ausgeführt, doch spricht in den von mir angestellten Versuchen kein Moment gegen die Auffassung, dafs, wie die Beobachtung am lebenden Tier lehrt, die CO_2 auch bei den Säften aus Kohlehydrat herrührt.

Ich wende mich dem zweiten Produkt zu, welches durch die Säfte gebildet wurde, der flüchtigen Säure.

1) Zeitschr. f. Biol. 1901, Bd. 42.

Wie ich schon erwähnt habe, nehmen die Säfte allmählich saure Reaktion an.

Ich erwähne als Beispiel einige Versuche, die ich mit Extrakt XX erster sowie zweiter Pressung anstellte. Beide Säfte hatte ich am 17. VII. hergestellt unter Zusatz von Na_2HPO_4 zum Ascarisbrei. Beide reagierten frisch alkalisch, der zweite stärker als der erste. Ich liefs sie darauf mit Toluol stehen. Am andern Morgen besafsen beide kräftig saure Reaktion mit Geruch nach Buttersäure. Ich wiederholte den Versuch in der Weise, dafs ich von beiden Säften, nachdem ich sie mit Na_2HPO_4 wieder gut alkalisch gemacht hatte, je 10 ccm mit Toluol sowie je 10 ccm mit NaFl (1,5 %) versetzte und die Säfte im Zimmer stehen liefs.

Saft I mit Toluol war nach zwei Tagen wieder sauer, mlt NaFl nach zwei Tagen schwach sauer.

Saft II mit Toluol war nach einem Tag schwach sauer, nach zwei Tagen kräftig sauer, mit NaFl nach zwei Tagen schwach sauer.

Saft XXI, bei welchem ich auch die vom Niederschlag abcentrifugierte (NaFl haltige) Lösung mit Toluol im Zimmer stehen liefs, zeigte dieselbe Erscheinung aber schwächer (entsprechend seinem übrigen Verhalten s. o.) und erst nach mehreren Tagen.

Ebenso stellte sich bei dem Ascarisbrei vom 11. I. 1901 zugleich mit dem Sauerwerden Geruch nach Buttersäure ein; dasselbe war bei Prefssaft I, unter Toluol bei 37° (ohne H-Respiration) gehalten, der Fall und in zahlreichen anderen Fällen, in welchen es zum Sauerwerden des Saftes kam.

Erwähnen will ich noch, dafs ich bei mehreren Säften (abcentrifugierte Lösung von Versuch XV, XVII, auch Saft XIX) bei der Digestion auf 37° — 40° C. ohne Respiration, sowie bei Saft XVIII nach längerem Stehen im Keller in verschlossenem Glas einen deutlichen Geruch nach Baldrian wahrgenommen habe.

Zur qualitativen Bestimmung der Säure destillierte ich die mit H_2SO_4 angesäuerten Säfte. Mit dem Destillat stellte ich einmal den Ester der Säure dar, durch Erhitzen mit

Schwefelsäure und etwas Alkohol. Der Geruch dieses Esters war derjenige der Ester von niederen Fettsäuren, wie Buttersäure, Valeriansäure etc.

Sodann stellte ich das Kalksalz der Säure dar und prüfte, ob bei demselben die in der Hitze beginnende Ausscheidung sich beim Abkühlen wieder löste. Diese Probe stellte ich in acht Fällen an. Endlich veraschte ich das Ca-Salz in zwei Fällen und erhielt dabei in einem Fall einen Gehalt an CaO von 25,0%, im andern von 24,8% (für valeriansaures Calcium berechnet sich 23,1% CaO), also etwas zu viel.

Es ist möglich, daſs bei der Darstellung der Säure aus dem gesamten Saftgemisch neben der in der Hauptmenge abgehenden Säure noch andere übergehen; bei der Gewinnung der Säure aus dem Aussenwasser der Tiere sind die Verhältnisse für Reingewinnung der Säure natürlich günstiger.

Immerhin dürfte es nach diesen Proben mit Rücksicht auf die Beobachtungen, die ich an früherer Stelle mitgeteilt habe, kein Zweifel sein, daſs es sich in den vorliegenden Versuchen in der Hauptmenge um Valeriansäure handelt. Damit steht auch die Beobachtung iu Übereinstimmung, daſs die geschlossen aufbewahrten Lösungen einen Geruch nach Baldrian aufwiesen. Es ist hier wohl an eine spurenweise Umlagerung der einen Valeriansäure in die andere zu denken, wie sie z. B. Erlenmeyer[1]) bei Buttersäure beobachtet hat.

Was die quantitative Bestimmung der Säure betrifft, so war es natürlich nicht möglich, diese im Saft selbst (auch wenn derselbe nicht alkalisch gehalten worden wäre) titrimetrisch zu bestimmen. Für die Bestimmung in den Destillaten war es ein Übelstand, daſs auch nach zwei- und mehrstündiger Destillation noch etwas Säure überging, wenn die Destillation fortgesetzt wurde. Sodann war auf die Menge der übergehenden Säure auch die Menge des zugesetzten Wassers von Einfluſs. Ferner dürften die durch Na_2HPO_4 nicht sehr stark alkalisch reagierenden Säfte

1) Erlenmeyer, Über eine merkwürdige Umwandlungsweise von Normalbuttersäure in Isobuttersäure. Liebigs Annalen 1876, Bd. 181 S. 126.

bei der Wasserstoffdurchleitung bei 37 ° etwas Säure abgeben.[1])

Ich halte deshalb die von mir gefundenen Gröfsen über die Säure für wenig zutreffend und für ungeeignet, um aus ihnen die Produktion an Säure während des einzelnen Tages abzuleiten, teile aber doch einige derselben mit, um die ungefähre Menge von Säure, die ich erhielt, zu charakterisieren.

Von Versuch IX, Rückstand, erhielt ich durch zweistündige Destillation bei 18 ccm Rückstand (nicht ausgewaschen) 58,8 mg Valeriansäure.

Von Versuch XIV, Lösung (s. Tab. II), etwa 81 ccm Ascaris, durch $2^1/_2$ stündige Destillation 135 mg Valeriansäure.

Von Versuch XVIII, Lösung (s. Tab. II), 40 ccm Ascaris, durch $1^1/_2$ stündige Destillation 94,6 mg Valeriansäure.

Von Versuch XIX, Lösung (s. Tab. II), 50 ccm Ascaris durch $1^1/_2$ stündige Destillation 192 mg Valeriansäure.[2])

Wie viel in den Versuchen mit Ascarislösung von der so von mir erhaltenen Säure im Tiere beim Zerpressen schon vorgebildet enthalten ist, kann ich nicht angeben; immerhin ist sicher, dafs es bedeutend weniger ist als die verzeichneten Mengen, denn ich erhielt z. B. in einer zweiten Partie des Saftes XVIII in 30 ccm Saft = 23 ccm Ascaris, die vom 4. VII. ab im Keller und darauf im Laboratorium unter Toluol gestanden hatten, und mit Na_2HPO_4 kräftig alkalisch gemacht wurden, nachdem der Saft allmählich wieder sauer geworden war, durch $1^1/_2$ stündige Destillation 37,4 mg Valeriansäure. Dies bedeutet auf 100 ccm Ascaris am Saft 163 mg Valeriansäure, während ich im oben angeführten Versuch auf 100 ccm Ascaris in der respirierten Lösung 236 mg Valeriansäure erhielt. Sicher ist aber, wie die zunehmende Säuerung beweist, auch die erste

1) Ein Versuch, den ich mit einer reinen Lösung der Säure mit Zusatz von Na_2HPO_4 zur mäfsig alkalischen Reaktion anstellte, ergab bei Luftdurchleitung und 37 ° eine nicht unbeträchtliche Verminderung der Alkalicität der vorgelegten Barytlauge, die dabei klar blieb.

2) In Versuch XIX wurde die Destillation nicht sogleich nach Beendigung der H-Durchleitung bei 37 ° vorgenommen, vielmehr stand der Saft nach dieser noch drei Tage im Zimmer unter weiterer Abnahme der alkalischen Reaktion.

Valeriansäuremenge höher als die anfänglich im Saft vorhanden gewesene.

In gleicher Weise fand ich bei der Lösung von Saft XV, die längere Zeit ohne Respiration bei 37° gestanden hatte, noch bedeutend weniger Valeriansäure, diese entspricht hier meiner Berechnung nach nur etwa 79 mg Valeriansäure auf 100 ccm Ascaris. Da auch dieser Saft der Änderung in seiner Reaktion nach (sowie nach den Angaben in Tab. III) noch einiges Gärvermögen besafs, so mufs also die im frischen Saft enthaltene Valeriansäure noch niedriger sein.

Es liegt übrigens kaum ein Grund vor, anzunehmen, dafs die Valeriansäure in dem lebenden Tier sich reichlicher anhäufe: Dasselbe ist im Darm von alkalischen Substanzen umgeben, welche jede abgehende Säure sogleich aufnehmen werden. In dem Fall, welchen ich bei meinen früheren Versuchen am lebenden Tier meist verwirklicht sah, dafs die Tiere von einer allmählich schwach sauer werdenden Flüssigkeit umgeben waren, wurde Säure im Tiere zurückbehalten, und dies äufserte sich auch sogleich darin, dafs die Reaktion des Leibesinhaltes von alkalisch in sauer überging.

Nach dem Ausgeführten ist zwar die Bildung einer flüchtigen Säure (Valeriansäure) neben CO_2 in dem Saft und den Produkten desselben nachgewiesen, über die quantitativen Verhältnisse in der Bildung beider Stoffe kann ich jedoch nichts Sicheres aus demselben entnehmen. Zunächst kann man als wahrscheinlich annehmen, dafs das Verhältnis ein ähnliches sei wie dasjenige, welches ich beim lebenden Tiere beobachtet habe.

Über einige Folgerungen aus den mitgeteilten Versuchen.

Es hat sich im Vorausgehenden ergeben, dafs sowohl CO_2 wie $C_5H_{10}O_2$, die beiden Hauptzersetzungsprodukte des lebenden Tieres, durch den ausgeprefsten Saft der zerriebenen Tiere gebildet werden, dafs dasselbe stattfindet durch die Lösung, die von dem durch verschiedene Ursachen hervorgebrachten Niederschlag im Saft abgetrennt ist, sowie durch diesen Niederschlag selbst. Als Antisepticum in diesen Versuchen diente As_2O_3 —

K_2CO_3 (1 — 2%), NaFl (1 — 1,5%), Toluol oder $CHCl_3$, so dafs an eine bakterielle Wirkung nicht zu denken ist.[1])

Die Frage, ob es sich in den vorliegenden Versuchen um die Wirkung von Protoplasmasplittern oder eines Fermentes handle, wird man dabei zu Gunsten der Auffassung, dafs es sich um die Wirkung eines Fermentes handle, zu beantworten geneigt sein.[2])

Es liegt die Beobachtung vor, dafs die Gärwirkung bei Ascaris von der wahrnehmbaren Struktur des Organismus, von dem Vorhandensein von Zellen, von organisiertem Gewebe, unabhängig ist. Man wird daraus schliefsen, dafs diese Wirkung nicht auf diese wahrnehmbare Struktur, auf die Art der Anordnung der Teile in der Zelle und im Tier zu beziehen ist, denn in diesem Fall mufste notwendig ein solcher Eingriff wie das Zermalmen und Auspressen die Gärwirkung durch das erhaltene Extrakt unmöglich machen. Man wird an einen Stoff denken, der nicht mit der Struktur zusammen untergeht, sondern unabhängig von ihr wirken kann.

Es ist möglich, etwas genauer in die Frage nach der Bedeutung der Struktur auf Grund der mitgeteilten Versuche einzugehen. Ich habe zu dem Zwecke die CO_2-Produktion bei Ascaris noch in einem dritten Zustand des Tieres ermittelt, nämlich beim toten, in seiner Struktur aber völlig unverletzten Tier.

Tabelle IV.

No.	g Ascaris	Antisepticum	Respirationsbeginn	mg CO_2 auf 100 g Ascaris											
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
				Tag											
XI a	13	NaFl 1%	25. V.	209 (1.–3.)			(52)	321,5 (5.–11.)						(46)	24. V. abds. mit Toluol in Keller gebracht u. getötet. Am Schlufs d. Versuches Tiere und Aufsenwasser alk.
XX	19	»	18. VII.	398 (1.–8.)								(44)			17. VII. i. Thermostat durch NaFl (1%) getötet.

1) Eine nachträglich von einem der Säfte gegossene Platte blieb steril.

2) Ich bemerke übrigens, dafs die nämliche Frage auch bei den besser bekannten Fermenten erhoben werden kann: keines derselben ist bis jetzt als chemisches Individuum, krystallisiert, dargestellt worden.

Die beiden Versuche sind mit NaFl als Antisepticum angestellt und geben mit 52—44 mg Kohlensäure pro 100 g Tier und Tag gut übereinstimmende Werte.[1])

1) Man könnte an die Möglichkeit denken, dafs die von mir erhaltene CO_2 weit hinter der gebildeten zurückgeblieben sei, indem ein grofser Teil der CO_2 das Tier nach dem Tode nicht mehr verlasse. Es ist hierfür zwar bei einem Tier ohne eigentlich ausgebildetes Gefäfssystem und Respirationsapparate, wie sie z. B. die Wirbeltiere besitzen, ein Grund nicht einzusehen, aber selbst wenn dies statt hätte, so könnte es doch nur so lange dauern, bis das ganze Tier mit Kohlensäure gesättigt wäre, von da ab würde ebenso viel CO_2 abgegeben als gebildet wird. Dies wäre aber (bei einer Temperatur von 37°) sicher bald der Fall, und so müfste z. B. jedenfalls in Versuch XIa vom fünften Tage ab eine Änderung (und die ungefähr richtige Menge) in der CO_2-Ausscheidung sich beobachten lassen, da von da ab alle CO_2 abgegeben würde, vorher aber nur ein Teil derselben. Von einer solchen Änderung, die zudem in einer Zunahme der CO_2 bestehen mufste, ist aber nichts zu bemerken, vielmehr findet sich eine unbedeutende Abnahme gegenüber den ersten vier Tagen, wie es an dem langsamen Sinken der CO_2-Produktion im toten Tier entspricht. — Dafs die Tiere dieses Versuches am Schlufs desselben im Innern alkalisch reagierten, spricht ebenfalls gegen eine irgend lebhafte Säurebildung in denselben, wie sich dies in Sauerwerden durch Valeriansäure hätte zeigen müssen.

Die Tiere waren durch Toluol und niedere Temperatur oder mit NaFl getötet.

Ich erwähne hier einige Versuche über die Wirkung der von mir gebrauchten Antiseptica auf die Ascariden. (Vgl. v. Schroeder, Archiv f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 19 S. 290.)

1. Zwei Exemplare, die ich am 25. I. 11¼ h in 250 ccm NaCl-Lösung, 1 proz., bei 37° mit Toluol zusammenbrachte, machten um 12 h sehr lebhafte Bewegungen und waren um 2 h tot.

2. Zwei Exemplare, die ich am selben Tag um 11¼ h in gleicher Weise mit $As_2O_3 \cdot K_2CO_3$ zunächst zur 0,4 proz. Arsenitlösung versetzte, lebten um 12 h und auch noch um 2 h. Ich setzte darauf weiter Arsenit zu, so dafs die Lösung 1,2 % davon enthielt. Um 5 h waren die Tiere sehr träge und schienen dem Absterben nahe zu sein. Ich setzte nochmals Arsenit zur 2 proz. Lösung zu und fand die Tiere am 26. II. früh tot.

3. Zwei Exemplare brachte ich am 1. III. 11 h bei 37° in 100 ccm 1 proz. NaCl-Lösung, die 1 % NaFl enthielt. Die Tiere machten um 11 h 30′ nur noch träge Bewegungen und waren um 2 h tot.

4. Zwei Exemplare, die ich am selben Tag in gleicher Weise mit $CHCl_3$ zusammenbrachte, machten schon nach ½ Stunde, um 11 h 30′, keine Bewegungen mehr.

Aus den Versuchen erhellt besonders auch die sehr grofse Wirkung von NaFl in 1 proz. Lösung, wie ich sie gewöhnlich anwandte, auf die lebenden Tiere. — Versuche über die Einwirkung von NaFl auf die Gärung von Bakterien im H-Strom stellte ich ebenfalls an, das Resultat stimmt mit dem allgemein in der Litteratur angegebenen überein.

Demgegenüber hatte ich (a. a. O.) beim lebenden, ebenfalls in seiner Struktur unverletzten Tier pro 100 g Tier und Tag im Mittel 380 mg CO_2 gefunden.

Das strukturlose Extrakt der Tiere endlich lieferte bis zu 235 mg CO_2 auf 100 ccm Extrakt (Versuch XX, zweite Pressung, bei welcher Flüssigkeit zugesetzt war), also auf 100 ccm Tier noch bedeutend mehr CO_2. Die Versuche mit dem abcentrifugierten und ausgewaschenen Niederschlag lieferten auf 100 ccm Niederschlag berechnet (s. S. 100!) noch bedeutend höhere Werte bis zu 0,57 und mehr g CO_2 pro 100 ccm Niederschlag und Tag.

Für die Erörterung dieser drei Thatsachen[1]) gehe ich von der CO_2-Produktion der toten Tiere aus. Bei diesen haben, wie die direkte Beobachtung zeigt, vor allem Muskel und Nerv, die hauptsächlichsten der centralisierten animalen Organe, ihre Funktion eingestellt. Die CO_2-Produktion sinkt auf etwa $^1/_8$ (12 %) der vorherigen Menge. Es erscheint zunächst wohl möglich, dafs die Produktion dieser geringen CO_2-Mengen auch noch durch den Prefssaft der getöteten Tiere ausgeführt wurde, während die Hauptmenge der CO_2, die übrig bleibenden $^7/_8$, vom Prefssaft so wenig wie vom toten Tier mehr zu erhalten sein werden, denn — so konnte man schliefsen — wenn der die Haupt-CO_2-Produktion bedingende unbekannte Impuls in den mit NaFl getöteten Tieren fehlte, so mufste er auch in den mit NaFl versetzten Extrakten fehlen.

Die von mir mit den Extrakten angestellten Versuche lassen jedoch diese Vorstellung nicht zu. Sowohl bei Zusatz von NaFl als von As_2O_3 als Antisepticum erhielt ich, wenn die Tiere gut zerrieben waren, zum Teil bedeutend höhere CO_2-Mengen als vom toten Tier.[2]) Hieraus folgt zunächst,

1) Ein weiterer Zustand, in dem ich die CO_2-Produktion von Ascaris untersuchte, nämlich während sowie nach dem Kochen, hat hier keinen Bezug, da in ihm eine chemische Veränderung des Extraktes durch das Kochen zu den anderen Verschiedenheiten hinzutritt (s. darüber oben bei der Besprechung der CO_2-Produktion des Saftes!).

2) Die ausgeführte Vermutung durch die Annahme halten zu wollen, dafs sämtliches CO_2-bildendes Vermögen der Ascariden in den Saft übergegangen sei, ist sicher nicht zulässig, zudem aber auch nicht ausreichend.

dafs bei den toten Tieren nicht das Antisepticum die niedere CO_2-Bildung bedingt, sondern der Tod der (morphologisch unverletzten) Tiere, d. h. das Aufhören gewisser Prozesse in denselben, welches infolge des Antisepticums eingetreten ist. Ferner ergibt sich daraus, dafs nicht die Erhaltung der Gewebe, der Zellen etc. das Wesentliche für die CO_2-Bildung ist (denn eben diese Struktur ist bei den Extrakten zerstört und trotzdem bilden sie CO_2 und zwar mehr als das tote unverletzte Tier).

Sodann frägt es sich, welches die Ursache für die vermehrte CO_2-Bildung in den Extrakten sei. Im Prefssaft sind, wenn ich von Chitin und ähnlichen festen Stoffen absehe, die nämlichen Stoffe enthalten wie im toten Tier. Ein grofser Unterschied liegt aber in der Art der Anordnung dieser Stoffe bei beiden Zuständen des Tieres: Im strukturlosen Saft müssen sie als etwa gleichmäfsig mit einander gemischt angenommen werden. Im organisierten Tier sind sie nach einem bestimmten Prinzip geordnet. Diese Ordnung dient neben anderen Zwecken dem, dafs die Funktion gewisser Organe durch andere (plötzlich und intensiv) beeinflufst werden kann, dafs die Funktion geleitet werden kann.

Dies bedeutet für die chemischen Prozesse im Organismus, dafs sie bald in gröfserem, bald in kleinerem Mafsstab hervorgerufen werden können. Bei Ascaris sind die Prozesse, um die es sich hierbei in der Hauptsache handelt, die Bildung von CO_2 und Valeriansäure, und ich habe oben ausgeführt, dafs diese Bildung nach meinen Versuchen einem Ferment oder fermentartigem Körper zuzuschreiben sei. Dem entspricht die Folgerung, dafs es sich bei der durch die Leitung bewirkten gröfseren oder geringeren Intensität der Zersetzungsprozesse in Ascaris um das wechselnde Wirken eines solchen Fermentes handle.

Damit ergibt sich die Vorstellung, dafs im lebenden Tier ein Ferment vorhanden ist, welches in den animalen Organen bald in Wirkung tritt bald nicht, je nachdem der Impuls dazu eintrifft oder nicht; dafs im toten strukturbesitzenden Tier dieses Ferment ebenso vorhanden ist, dafs es aber

durch die Struktur an seinen Ort gebunden, nicht mit der zersetzbaren Substanz in Berührung kommen kann, da der hierzu notwendige Anstofs, der eben nur während des Lebens statt hat, aufgehört hat. Ist dagegen das Tier sehr gut zerrieben und die Struktur zerstört, so ist es verständlich, dafs, je nach dem Grade der Zertrümmerung des Gefäfses, ein gröfserer oder kleinerer Teil des Inhaltes aus demselben heraus und in den ausgeprefsten Saft (besonders die späteren Partien desselben) übertritt, so dafs dann in diesen wieder eine intensivere Gärthätigkeit auftreten kann, lebhafter als im toten, strukturbesitzenden oder selbst als im lebenden Tier. Diese Gärthätigkeit ist aber nunmehr kontinuierlich und nicht mehr wechselnd.

Abwehr gegen Herrn Prausnitz.

Von

N. Zuntz.

(Aus dem tierphysiologischen Institut der Kgl. landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin.)

Im 24. Bande dieser Zeitschrift findet sich S. 377—406 ein Aufsatz von W. Prausnitz, in welchem der Nährwert eines ihm von der Kompagnie Liebig unter dem Namen »Muskeleiweifs« zur Untersuchung gelieferten neuen Nährpräparates auf Grund umfangreicher Versuche besprochen wird.

Die Versuche ergeben, dafs das Fabrikat erheblich schlechter ausgenutzt wird als Fleisch. Bei Ernährung mit Brot, Gries, Butter und frischem Fleisch bezw. Pökelfleisch finden sich 6,45 bezw. 6,79% des aufgenommenen Stickstoffes im Kote, bei Ersatz des Fleisches durch das Muskeleiweifs dagegen 9,08%. Die Differenz ist bedeutungsvoller als sie auf den ersten Blick erscheint, weil etwa 1/3 des aufgenommenen Stickstoffs den Vegetabilien angehört und natürlich viel schlechter ausgenutzt wird als der Stickstoff des animalischen Anteils der Nahrung. Prausnitz sucht diesem Moment Rechnung zu tragen, indem er die aus den Mehlspeisen in den Kot gehenden Stickstoffmengen auf Grund früherer Versuche an ähnlichen Substanzen zu 16,34% veranschlagt. Diese freilich sehr bedenkliche Rechnung ergibt nun, dafs bei Fleisch im Mittel dreier Versuche 0,95% beim Muskeleiweifs 5,77% in den Kot

übergehen. Der Verlust wird also im letzteren Falle etwa sechsmal höher gefunden.

Trotzdem zieht Verfasser aus seinen Versuchen den Schlufs (S. 395 im Original gesperrt): »Die erhaltenen Resultate sind so günstige, dafs die gefundenen Differenzen für die praktische Verwendung des Fleischeiweifses kaum von Bedeutung sind.«

Man kann diesen Satz wohl gelten lassen. Herr Prausnitz sucht aber weiter darzuthun, dafs die im Handel befindlichen anderen, aus Fleisch dargestellten Präparate ebenfalls erheblich schlechter ausgenutzt werden als frisches Fleisch. Bei diesem Bestreben sind ihm nun zwei von meinem Assistenten Knauthe ausgeführte Versuchsreihen mit Soson im Wege. Man kann ihm daher an sich nicht verdenken, wenn er diese Versuche scharf auf ihre Zuverlässigkeit prüft. Das geschieht durch eine Auseinandersetzung, welche die von Knauthe gefundenen Stickstoffzahlen des Kotes als unmöglich hinstellt. Seine Kritik dünkt Herrn Prausnitz so unfehlbar, dafs er sie mit folgenden Sätzen beendet:

»Ich habe den Wert der Knautheschen Arbeit hier etwas schärfer beleuchtet, um wieder einmal zu zeigen, in welcher Weise sog. »wissenschaftliche Ausnutzungsversuche«, die von der Reklame ausgiebigst ausgebeutet werden, entstehen. Es ist nach meiner Ansicht die Pflicht aller, welche auf diesem Gebiet arbeiten und vor wissenschaftlicher Forschung Achtung haben, derartige Opera als das hinzustellen, was sie sind!«

»Wenn sich die Ernährungslehre in den letzten Jahrzehnten so glücklich entwickelt hat, wie dies thatsächlich der Fall ist, so dafs auch die Praxis in der angenehmen Lage ist, Vorteil aus den theoretischen Forschungen zu ziehen, so verdankt sie dies nicht zum mindesten dem Umstande, dafs wir von Karl v. Voit gelernt haben, dafs uns auf diesem Gebiete nur ein peinlich genaues Arbeiten unter möglichster Vermeidung aller Fehlerquellen vorwärts bringen kann. Derartige Arbeiten aber, in denen ganz unmögliche Zahlen publiziert werden, müssen

dazu beitragen, die Ernährungslehre zu diskreditieren, weil die falschen Schlüsse, welche in diesen Arbeiten gezogen werden, doch früher oder später als solche erkannt werden müssen.«

Wenn diese Kritik des Herrn Prausnitz sich gegen einen unbekannten Fabrikchemiker, der ohne Kontrolle gearbeitet hätte, wendete, müfste man zu den moralischen Verdächtigungen, welche er auszusprechen wagt, bedenklich den Kopf schütteln; nun aber schleudert er diese giftigen Pfeile gegen einen jungen Forscher, der bereits durch eine Reihe fleifsiger und umsichtiger Arbeiten gezeigt hat, dafs es ihm Ernst ist um die Wissenschaft und zugleich gegen mich und mein Institut, dem wenigstens bisher die Anerkennung nicht versagt wurde, dafs wir uns ehrlich um die Erkenntnis der Wahrheit bemühen, obwohl wir weit davon entfernt sind, Unfehlbarkeit zu beanspruchen.

Herr Prausnitz begründet sein Verdikt mit dem Umstande, dafs Knauthe sehr wechselnde und ungewöhnlich niedrige Prozentwerte des Stickstoffes in seinem Kote findet (2,0—7,0%). Da die absoluten Mengen des Stickstoffes aber sich durchaus in den Grenzen bewegen, welche man bei der genommenen Nahrung erwarten mufste, und ebenso die des Fettes, hätte sich Herr Prausnitz als erfahrener Mann auf diesem Gebiete wohl selbst sagen müssen, dafs hier irgend ein Umstand vorlag, der die Massen des Kotes vergröfserte, ohne seinen Stickstoff- und Fettgehalt zu alterieren. Bei sorgsamer Lektüre der allerdings sehr kurz gehaltenen Publikation von Knauthe hätte er wohl den Schlüssel des Rätsels in dem Satze finden können: »Der Kot, dessen Abgrenzung durch gröfsere Mengen Pflanzenkohle erzielt wurde, wog« etc.

Ich hatte in jener Zeit manche üble Erfahrung mit Kotabgrenzung beim Menschen gemacht, mich überzeugt, wie leicht spätere Kotmengen in ältere, namentlich wenn letztere von weniger fester Konsistenz sind, sich einschieben. Die fast durchgehends ideale Abgrenzung, welche man beim Hund mit etwas gröfseren Mengen von Knochen erzielen kann, legte es mir nahe, beim Menschen eine ähnlich scharfe Abgrenzung durch so viel Kohle zu erzielen, dafs sich eine wirkliche Säule von

Kohlenkot zwischen die zu trennenden Kotmengen einschiebt. Herr Knauthe, welcher grofse Mengen Kohle, in Wasser suspendiert, ohne Anstand verschlucken konnte, übernahm bei Gelegenheit der hier in Frage stehenden Versuche die Prüfung meines Gedankens. Er erhielt in der That eine gute Abgrenzung durch eine gröfsere Kohlensäule, von der die eine Hälfte zum nachfolgenden, die andere zum vorangehenden Kote genommen, mit demselben verrieben und getrocknet wurde.

Herr Knauthe nahm nun im ersten Versuche sehr grofse (übrigens nicht gewogene), im zweiten, nachdem er gesehen hatte, dafs so viel nicht nötig sei, erheblich kleinere Kohlenmengen. Daher erklären sich die Unregelmäfsigkeiten, soweit sie nicht durch reelle Differenzen in der Ausnutzung bedingt sind. In der Hinsicht ist zu bemerken, dafs Herr Knauthe gegen Schlufs der langen Versuchsreihe offenbar mehr N mit dem Kote abgab als vorher. Ob wohl die N haltigen Reste der Verdauungssecrete bei langdauernder Zufuhr einer sehr eiweifsreichen Kost, wie sie hier zwei Monate lang genommen wurde, an Menge zunehmen?

Die Nichtigkeit der kränkenden Vorwürfe des Herrn Prausnitz ist nunmehr wohl genügend dargethan; es erscheint aber angebracht, zuzusehen, wie der gegen andere so strenge Kritiker mit seinen eigenen Resultaten bestehen kann? Vorher wurde schon erwähnt, dafs Herr Prausnitz die Ausnützung des Fleisches bezw. des neuen von ihm untersuchten Präparates dadurch festzustellen sucht, dafs er von dem gesamten Kote einen auf frühere Bestimmungen begründeten Abzug für die Kotbildung des Brotes macht. Diese Kotbildung wird bis auf hundertstel Prozente berechnet, sowohl für die organische Substanz als auch für den Stickstoff. Solche Berechnung mufs jeden sonderbar anmuten, der aus eigener Erfahrung und aus der Litteratur weifs, in wie erheblichem Mafse die Ausnutzung derselben Nahrung bei verschiedenen Menschen und auch bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten wechseln kann, wie verschieden ferner die Ausnutzung von Brot aus verschiedenen Mehlen ist.

Wollte aber Herr Prausnitz diese Thatsachen ignorieren, so hätten ihn doch die Ergebnisse seiner Berechnungen von deren Verwertung abhalten sollen. Findet er doch durch seine Rechnung dreimal einen negativen Wert für die Kotbildung aus Fleisch, bezw. Muskeleiweifs.

Wie wenig berechtigt es aber ist, aus drei Zahlen wie — 3,8, + 2,9, + 1,9 den Mittelwert 0,8 zu ziehen und diesem Mittelwerte irgend eine Bedeutung zuzumessen, das braucht man nicht erst mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitscalcüls darzuthun. Herr Prausnitz dürfte also ziemlich allein stehen, wenn er (S. 396) sagt und noch weiter zu beweisen sucht, »dafs diese Zahlen richtig und keine Zufallsprodukte sind.«

Ein weiterer Punkt, welcher der Berichtigung bedarf, ist die Behauptung von Prausnitz, dafs die löslichen Nährstoffe im normalen Verdauungstractus vollständig resorbiert werden. Ich brauche nur an die enorme Vermehrung des Kotstickstoffs bei Ersatz des Fleisches durch Somatose zu erinnern, um Bedenken gegen diese Lehre zu wecken. Ich werde aber auch demnächst über Versuche berichten, in welchen nach Verabreichung solcher Somatosemengen, die noch keine Diarrhöe erzeugten, der zwei Tage später entleerte Kot noch grofse Mengen wasserlöslicher Substanz enthielt, welche durch Biuretreaktion und Fällungsverhältnisse sich als unresorbierte Somatose erwies.

Man wird begreifen, dafs ich bei Lesung der Prausnitzschen Arbeit an das alte Wort vom Splitter und Balken erinnert wurde.

So wenig ich ein Freund von Polemiken bin, in diesem Falle war ich es mir und meinen Mitarbeitern schuldig, Herrn Prausnitz gegenüber nicht zu schweigen.

Ich möchte aber auch gleich an dieser Stelle bemerken, dafs ich nicht geneigt bin, in weitere Diskussion mit ihm einzutreten.

Die Wirkung von Curare auf die Ausscheidung der Kohlensäure und des Stickstoffes.

Von

Otto Frank und **F. v. Gebhard.**[1])

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

Während der Gesamtstoffwechsel des höheren tierischen Organismus dank einer wohl ausgebildeten Methodik durch zahlreiche Arbeiten in seinen Hauptzügen festgestellt worden ist, sind noch sehr wenige Thatsachen über die Teilnahme der einzelnen Organe an den Zersetzungen bekannt. Die Untersuchung dieser Zersetzungen ist mit grofsen, teilweise fast unüberwindlich erscheinenden Schwierigkeiten verknüpft.

Die chemisch-analytischen Methoden sind noch zu wenig ausgebildet, als dafs man durch Untersuchung der verschiedenen Zusammensetzung des zu den Organen zu- und von ihnen abströmenden Blutes einen Aufschlufs erhalten könnte. Der schnelle Blutwechsel in den Organen bedingt nur sehr geringe Unterschiede. Es sind nur wenige sichere Thatsachen durch derartige Untersuchungen ermittelt worden.

Etwas mehr konnte durch die Ausschaltung von Organen und Untersuchung des Stoffwechsels vor und nach der Ausschaltung dieser Organe erreicht werden. Man konnte so wichtige

1) Nach einem Vortrag, gehalten in der Gesellsch. f. Morphol. u. Physiol. zu München 1900.

Aufschlüsse über die chemischen Vorgänge in der Leber, der Niere oder dem Pankreas etc. erhalten. Es handelte sich hierbei im wesentlichen um qualitative Untersuchungen. In quantitativer Beziehung ist die Teilnahme der einzelnen Organe an den Zersetzungen nur in ganz vereinzelten Fällen festgestellt worden. Bekannt sind die Arbeiten aus dem Ludwigschen Laboratorium über den Anteil des Darmes an den Zersetzungen, der aus dem Stoffwechsel vor und nach der Unterbindung der Hauptarterien ermittelt werden sollte. Alle diese Untersuchungen erfordern in die Thätigkeit des Gesamtorganismus tief eingreifende Operationen. Ihre Wirkung kann nicht auf das ausgeschaltete Organ beschränkt werden.

Für die Muskeln scheint jedoch in dem Curare ein Mittel gegeben zu sein, die Ausschaltung ohne gröfsere Operation, und ohne dafs andere Organe dadurch im allgemeinen geschädigt würden, vorzunehmen. Der strenge Beweis für die letzte Behauptung kann erst durch die nähere Untersuchung selbst geliefert werden.

Auf Anregung von Herrn Geheimrat C. v. Voit haben wir mit der Untersuchung der Einwirkung dieses Giftes auf den Stoffwechsel begonnen.[1])

Es liegen eine Reihe früherer Angaben über die Wirkung von Curare auf die Sauerstoffaufnahme, die Kohlensäure- und Stickstoffausscheidung vor. Die Resultate der Untersuchungen, die sich auf die Feststellung der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme erstreckten, sind in der soeben citierten Abhandlung[1]) des näheren beleuchtet worden. Der Hauptsache nach ist durch diese Untersuchungen eine beträchtliche Abnahme der Kohlensäurebildung und der Sauerstoffaufnahme nach der Vergiftung mit Curare festgestellt worden. Sie beläuft sich bis 50% des normalen Wertes und mehr. Dagegen ist durch die Arbeit von C. Voit[2]) gezeigt worden, dafs die Zersetzung der

1) Inzwischen ist eine weitere Abhandlung, welche teilweise denselben Gegenstand behandelt, von Otto Frank und Fritz Voit (Zeitschr. f. Biol., Jubelband XLII) veröffentlicht worden. Unsere Versuche sind längere Zeit vorher angestellt worden.

2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 14 S. 146.

stickstoffhaltigen Substanzen durch die Curarewirkung nicht vermindert wird. Auf die Ergebnisse dieser Untersuchung werden wir noch im einzelnen näher einzugehen haben.

Allgemeine Versuchsanordnung.

Zu den Versuchen wurden Hunde verwendet. Sie hungerten zunächst einige Tage lang, bis Gleichmäfsigkeit in der N- und CO_2-Ausscheidung eingetreten war. Diese N- und CO_2-Ausscheidung wurde an den Vorversuchstagen bestimmt, die erstere nach Kjeldahl, die letztere mittels des Pettenkofer-Voitschen Respirationsapparates. Der Harn wurde durch den Katheter entleert. Bei einem Hund (s. Tabelle) wurde der Harn, der in den Käfig gelassen war, unter den bekannten Vorsichtsmafsregeln aufgefangen. Auf das Resultat hat in diesem Falle die sonst verwerfliche Methode der Harnaufsammlung keinen Einflufs, da die Fehler, die durch sie bedingt werden, gegenüber den grofsen Differenzen, die infolge der Versuchsbedingungen auftreten, verschwinden.

An dem eigentlichen Versuchstag wurde die Tracheotomie bei dem Tier ausgeführt, dann durch eine in die Vena jugularis eingesetzte Kanüle 1 proz. Curarelösung injiciert, bis Bewegungslosigkeit, Aufhören aller Reflexe eingetreten war. Die Atmungsluft wurde dem Tier durch eine Ludwigsche Respirationskanüle und einen Ludwigschen Atmungsapparat zugeführt. Es war dabei auf einem Brett aufgebunden. Nun wurde ein Katheter in die Blase eingeführt und an dem Brett festgebunden. Die Blase wurde dann entleert zur Abgrenzung des Harns. Da aber wegen der aufserordentlichen Schlaffheit der gesamten Beckenmuskulatur während der Curarisierung, besonders der Sphincteren der Blase Gefahr bestand, dafs neben dem Katheter noch Harn auslief, wurde unter die Vulva eine kleine Blechrinne geschoben, so dafs der gesamte Harn in einem untergestellten Glas quantitativ aufgefangen werden konnte. Das Tier wurde dann, nachdem noch ein Thermometer in die Vagina eingeführt war, auf dem Brett zusammen mit diesen Apparaten in den grofsen Hundekäfig des Respirationsapparates geschoben. Der Schlauch, der von

dem Blasebalg zu dem Tier führte, wurde durch eine in der Thür des Respirationsapparates angebrachte kleine Öffnung eingeleitet. Vorher war eine Schlauchverbindung zu der Venenkanüle von einer mit Curarelösung gefüllten Bürette durch das Ventilationsrohr des Apparates hindurch hergestellt. Es konnte so während des Versuches stets nachcurarisiert werden. Die Thüre des Kastens wurde dann geschlossen und der Apparat in Thätigkeit gesetzt. Da die durch den Kasten hindurch gesaugte Luftmenge viel bedeutender war als die durch den Blasebalg zugeführte, mufste stets der zu einer ausreichenden Ventilation erforderliche negative Druck im Innern des Kastens herrschen und ein Verlust von Kohlensäure vermieden werden. Während des Versuches wurde die Temperatur des Kastens und des Hundes bestimmt. Sie konnte leicht durch die Glaswände des Kastens hindurch abgelesen werden. Da die Versuche im Winter angestellt wurden, konnte die Umgebungstemperatur des Tieres in ziemlich weiten Grenzen verändert werden. Zu statten kam hierbei sehr die Centralheizung des Institutes. Nach einer bestimmten Zeit wurde dann der Respirationsversuch für die Abgrenzung des Harnes unterbrochen, und dann wieder bis zu dem Tode des Tieres fortgesetzt.

Die Hauptergebnisse der Untersuchung stellen wir in folgender Tabelle zusammen:

Hund 1. Gewicht: 15 kg.

	N	CO_2 stündl.	Umgebungstemp.
2. Hungertag:	3,736		
3. ›	4,137		
4. ›	3,938		
5. ›	4,014	11,61	21°
6. ›	4,472	11,12	
7. ›	4,027	11,15	› 22,4

Normalkörpertemperatur: 38°.

Curare.

N aus 17stündiger Beobachtung für 24 Std. gerechnet: 3,173.

1. Respirationsversuch: 6 h 6′. CO_2: 9,86.
   Umgebungstemperatur ca. 26,5°.
   Körpertemperatur: 38,35°.
2. Respirationsversuch: 5 h 44′. CO_2: 10,74.
   Umgebungstemperatur ca. 26,0°.
   Körpertemperatur: 39,0°.

Tod trat nach 17 stündiger Curarenarkose ein. Die Harnaufsammlung gelang nur unvollständig während der Curarisierung. Der Harn war durch eine Kotentleerung verunreinigt.

Hund 2. Gewicht: 5,8 kg.

1. Hungertag: N 1,090
2. » 1,009 (Harn stets in den Käfig gelassen.)
3. » 1,022
4. » —
5. » 1,176
6. » 1,217.

Curare.

N aus 7 Stunden für 24 Stunden berechnet: 0,4613
» » 6 » » 24 » » 0,5139

Tier stirbt am Ende der Periode.

Hund 3.

3. Hungertag: N 3,041
4. » 3,445.

Curare.

Vor der Curarisierung: Körpertemperatur: 38,5°.
Während 6 Std. 13 Min: 1,347 auf 24 Std. berechnet.
Körpertemperatur: 38,7°.
Während 6 Std.: 0,889. Körpertemperatur: 40,1°.
» 6 » 0,400. » 41,0°.

Tod des Tieres.

Die Kohlensäureausscheidung während der Curarisierung.

Die Bestimmungen der Kohlensäure ergaben also das überraschende, von den Ergebnissen der früheren Beobachter abweichende Resultat, dafs die Menge der während der Curarisierung ausgeschiedenen Kohlensäure gegenüber der normalen nicht wesentlich, von 11,15 g stündlich auf 9,86 und 10,74, also nur um 11,2 % bezw. 3,6 % vermindert war.

Die Versuchsresultate haben in der oben erwähnten Arbeit sowohl eine eingehende Kritik als auch eine Bestätigung erfahren. Wir müssen bei der Beurteilung der Resultate bedenken, dafs die Körpertemperatur des Tieres annähernd gleich der normalen war. Die Umgebungstemperatur des Tieres war zwar nicht dieselbe, während das Tier sich frei in dem Käfig bewegte und während des Curareversuchs — sie war in dem Curareversuch

etwa 5° höher als in dem vorausgegangenen Normalversuch. Einerseits jedoch dürfte der Einflufs der Umgebungstemperatur auf die Zersetzungen bei dem curarisierten Tier geringer sein als bei dem frei sich bewegenden Tier, denn das curarisierte Tier reguliert nur ungenügend, wie der Umstand beweist, dafs die Eigentemperatur des curarisierten Tieres nicht erhalten bleibt, sondern im allgemeinen passiv der Aufsentemperatur folgt. Anderseits würde der Einflufs der erhöhten Umgebungstemperatur des Tieres nur eine Verminderung der Zersetzungen hervorgerufen haben.

Kann man also unter Hintansetzung dieser durch unseren Versuch selbstverständlich nicht vollständig erledigten Bedenken annehmen, dafs das curarisierte Tier, so lange man die übrigen Bedingungen, welche den Stoffwechsel beeinflussen, insbesondere die Eigentemperatur unverändert läfst, ebenso viel Kohlensäure bildet wie vorher im normalen Zustande, oder, wie wir freier sagen wollen, dafs die Gröfse der Zersetzungen dieselbe bleibt wie zuvor, so wird dadurch auch der Gedanke an eine spezifische Giftwirkung, die sich wohl nach dem Charakter des Giftes in einer Herabminderung der Zersetzungsgröfse äufsern würde, ausgeschlossen. Das Gift scheint nach unserem Versuch keine weitere Wirkung als die Ausschaltung der Muskeln zu haben[1]).

Das Interesse, welches das Versuchsergebnis erweckt, liegt einmal darin, dafs es einen Hinweis darauf gibt, dafs die bei ruhig sich verhaltenden Tieren bei einem Respirationsversuch ermittelten Werte der Kohlensäureausscheidung oder des Gaswechsels überhaupt, nur wenig durch die unvermeidlichen Bewegungen der Tiere entstellt sein können.

Ferner zeigt das Resultat, dafs auch bei vollständiger Ruhe des Tieres noch eine sehr beträchtliche Zersetzung stattfindet. Bei dem Tiere bestand ja nicht allein vollständige Muskelruhe, sondern auch, weil es sich im Hunger befand, Ruhe der Verdauungs- und Resorptionsorgane. Aufserdem waren die Nieren, wie es sich unten näher zeigen wird, fast vollständig unthätig. Auch eine Unthätigkeit der Centralnervenorgane mufs man wohl

1) In der Arbeit von Frank und Voit streng bewiesen.

annehmen. Es zeigt sich also bei diesem Versuch, dafs die Maschine des Warmblüterkörpers immer mit einem beträchtlichen Heizmaterial vorgeheizt ist, damit sie zur Thätigkeit bereit steht.

Auf weitere Erörterungen wollen wir uns nicht einlassen, sie werden sich von selbst bei einer notwendigen Fortsetzung der Versuche ergeben.

Die Veränderung der Stickstoffausscheidung während der Curarisierung.

Die Stickstoffausscheidung war in unseren Versuchen während der Curarenarkose gegenüber der normalen beträchtlich vermindert.

Dies ist bei allen Versuchen zu konstatieren. Bei dem dritten Versuch, der tadellos verlief, ging sie auf 25% der normalen zurück.

Auch dieses Resultat weicht von dem einzigen bis jetzt in der Litteratur veröffentlichten wesentlich ab. Voit fand bei seinem Versuch, dafs innerhalb 24 Stunden die von dem kurarisierten Tiere ausgeschiedene Stickstoffmenge nicht hinter derjenigen des normalen Tieres zurücksteht. Wie sich unmittelbar zeigen wird, ist dieser Unterschied jedoch nur ein scheinbarer.

Von vornherein ist nicht zu erwarten, dafs die Erzeugung der stickstoffhaltigen Endprodukte des Harns bezw., oder wie man ohne weiters für gewöhnlich anzunehmen pflegt, die Zersetzung des Eiweifses durch die Curarisierung eine beträchtliche Verminderung erfahren haben sollte. Selbst wenn eine wesentliche Einbufse der Zersetzung durch den Wegfall der willkürlichen Muskelbewegungen stattgefunden haben sollte, was nach unseren obigen Erörterungen aber gar nicht der Fall ist, würde dieser Ausfall der Muskelbewegung in erster Linie auf die Zersetzung der stickstofffreien Substanzen eingewirkt haben, nach dem, was wir aus den Versuchen von C. Voit, Fick und Wislicenus wissen. Also nach diesen Erfahrungen erscheint es von vornherein ganz unwahrscheinlich, dafs wirklich eine Verminderung der Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanzen stattgefunden haben sollte. Die gröfsere Wahrscheinlichkeit war

von vornherein, dafs die eigentlichen Ausscheidungsprozesse der stickstoffhaltigen Substanzen eine Veränderung erfahren hatten. Es würde auch die Verminderung der Zersetzung der N haltigen Körperbestandteile allein eine ganz merkwürdige Verschiebung in den Zersetzungen, die in dem Tierkörper stattfinden, voraussetzen.

Ein näherer Vergleich unseres Versuches mit demjenigen von C. Voit vermehrt entschieden die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme, und zeigt zugleich, dafs kein prinzipieller Unterschied zwischen den Ergebnissen dieser beiden Versuchsreihen besteht. Man kann nämlich erkennen, dafs auch bei dem Voitschen Versuch während der Curarenarkose weniger ausgeschieden worden ist als zuvor. und dafs nach der Curarenarkose dieser Ausfall durch eine Mehrausscheidung gedeckt worden ist, so dafs für den ganzen Tag sowohl eine gröfsere Harnmenge als Stickstoffmenge ausgeschieden wurde.

C. Voits Tier zeigte folgende Verhältnisse: Wir berechnen dabei des Vergleiches halber die Harn- und Harnstoffmengen der einzelnen Perioden für 24 Stunden.

	Harnmenge		Harnstoff	
		für 24 Std.		für 24 Std.
Tag vor der Narkose . . .	—	858	—	16,1
Curarenarkose.				
Beginn . . . . 7 h —' a. m. Ende . . . . . 2 › 30' p. m. Harnentleerungen 5 › 45'	119	266[1])	6,4	14,3[1])
Nach der Narkose 5 › —' a. m.	409	870[1])	13,4	28,5[1])
8 › —'	120	960[1])	3,6	28,8[1])
Im ganzen für 24 Std. . . .	—	—	—	22,2

Die stickstoffhaltigen Substanzen, die nicht durch die Nieren in der Curarenarkose ausgeschieden werden, müssen irgendwo im Körper zurückgehalten werden. Wo dies geschieht, ob in dem Blute oder in den Zellen, werden weitere Versuche zu entscheiden haben.

1) Von uns berechnet.

Über den Einflufs des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes.

Von

Dr. med. **Emil Abderhalden** in Basel.

Trotz der zahlreichen Arbeiten, welche besonders die letzten Jahre hervorbrachten, ist die Frage nach dem Einflufs der verdünnten Luft und speciell des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes eine offene geblieben. Bis vor wenigen Jahren hielt man es für eine feststehende Thatsache, dafs mit steigender Erhebung vom Meeresniveau aus, resp. mit zunehmender Verdünnung der Luft, die Zahl der roten Blutkörperchen und das Hämoglobin eine Zunahme erfahren. Diese Annahme schien um so berechtigter, als verschiedene Autoren auf verschiedenem Wege dasselbe Resultat erhalten hatten. So hatte Paul Bert[1]), welcher zum ersten Mal die Vermutung ausgesprochen hatte, dafs bei der Adaptation des menschlichen und tierischen Organismus an die verdünnte Luft grofser Höhen die Vermehrung der Blutkörperchen und des Hämoglobins eine Rolle spielen könnte[2]), im Jahre 1882[3]) nachgewiesen, dafs das Blut von Tieren, welche in einer Höhe von 3700 m gelebt hatten, ein im Vergleich zum Blute

1) Die genauere historische Entwicklung der Frage betreffend, vergl. Paul Bert, La pression barométrique. Paris 1878. Fr. Miescher, Über die Beziehungen zwischen Meereshöhe und Beschaffenheit des Blutes. Korrespondenzbl. f. Schweizer-Ärzte. 1893, S. 809 ff. Auch abgedruckt in: »Die histochemischen und physiologischen Arbeiten von Fr. Miescher«. Leipzig 1897. Bd. II S. 328.

2) Paul Bert, a. a. O., S. 1108 ff.

3) Paul Bert, Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 1882. t. 94 pag. 805.

von Tieren derselben Species des Tieflandes ganz ungewöhnlich grofses Absorptionsvermögen für Sauerstoff zeigte. Im Jahre 1889 wies Viault[1]) die Vermehrung der roten Blutkörperchen durch Zählungen direkt nach. Endlich fand Müntz[2]), dafs das Blut von Tieren, welche in grofsen Höhen gelebt hatten, mehr Eisen enthielt und mehr Sauerstoff absorbierte als das Blut von Tieren des Tieflandes. Im Jahre 1891 unterzog Egger[3]) diese Resultate in Arosa einer Nachprüfung. Egger bestätigte die Resultate der französischen Autoren. In demselben Sinne fielen auch die unter Mieschers Leitung ausgeführten Versuche von J. Karcher, E. Veillon und F. Suter[4]) aus.

Ausnahmslos waren diese Untersuchungen an Blutproben, niemals aber am Gesamtblute ausgeführt worden. Die Versuche liefsen es somit unentschieden, ob die beobachtete Vermehrung der Blutkörperchen und des Hämoglobins einer absoluten oder nur einer relativen entspricht. Berechtigte Zweifel an dem von Miescher[5]) aus den Resultaten seiner Schüler abgeleiteten Schlusse, dafs es sich bei der beobachteten Zunahme der roten Blutkörperchen um eine Neubildung handle, machten sich geltend. Weifs[6]) und bald darauf A. Jaquet und F. Suter[7]) suchten dem den bisherigen Untersuchern gemachten Einwande durch Untersuchung

---

1) Viault, Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 1890. t. 111 pag. 917 und Compt. rend. 1891, t. 112 pag. 295.

2) Müntz, Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 1891, t. 112 pag. 298.

3) F. Egger, Untersuchungen über den Einflufs des Höhenklimas auf die Beschaffenheit des Blutes. Archiv für experim. Pathologie und Pharmakologie 1897, Bd. 39 S. 426. (Abgedruckt in ›Mieschers Arbeiten‹ 1897, Bd. 2 S. 464.)

4) J. Karcher, E. Veillon und F. Suter, Über die Veränderungen des Blutes beim Übergang von Basel (266 m) nach Champéry (1052 m), Serneus (986 m) und Langenbruck (700 m). Archiv f. experim. Pathologie und Pharmakologie 1897, Bd. 39 S. 441. (Abgedruckt in ›Mieschers Arbeiten‹ 1897, Bd. 2 S. 479.)

5) Fr. Miescher, a. a. O.

6) J. Weifs, Über den angeblichen Einflufs des Höhenklimas auf die Hämoglobinbildung. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1897, Bd. 22 S. 526.

7) A. Jaquet und F. Suter, Über die Veränderungen des Blutes im Hochgebirge. Korrespondenzbl. f. Schweizer-Ärzte 1898, S. 104. (Vergl. auch ›Mieschers Arbeiten‹, Bd. 2 S. 529.)

des Gesamtblutes zu begegnen. Die beiden Arbeiten lieferten entgegengesetzte Resultate. Die Frage blieb unentschieden.

In neuester Zeit wurde sogar die Beweiskraft der Blutkörperchenzählungen angezweifelt. Schroeder, Gottstein, Meissen u. a.[1]) stellten das Postulat auf: Der Thoma-Zeisssche Zählapparat sei vom äufseren Luftdruck abhängig! Die ganze, Jahre umfassende, mühevolle Arbeit, alle an deren Resultate sich knüpfenden Spekulationen und Erklärungsversuche erschienen durch diese »Thatsache« erschüttert. —

Bei diesem Stande der Frage nach dem Einflufs des Höhenklimas auf die Blutzusammensetzung war es wohl der Mühe wert, dieselbe an Hand eines grofsen Versuchsmateriales und im Besitze einer einwandfreien Methode einer Prüfung zu unterwerfen.

Eigene Versuche.

Als Höhenort wurde bei den folgenden Versuchen das im Kanton Graubünden im Ober-Engadin gelegene St. Moritz — 1856 m ü. M. — gewählt. Die Kontrolltiere befanden sich in Basel, 266 m ü. M. — Ausgeführt wurden die Versuche an Kaninchen und Ratten verschiedenen Alters. Ausnahmslos wurden Tiere desselben Wurfes verglichen. Dieser Umstand, verbunden mit der Ausdehnung der Versuche auf ein möglichst grofses Tiermaterial, ermöglichte eine Verminderung des allen Tierversuchen anhaftenden und leider meist viel zu wenig gewürdigten Fehlers der individuellen Schwankungen. Alle zu diesen Versuchen verwendeten Tiere wurden nach Ablauf der Säuglingsperiode wurfweise gesondert aufgezogen. Sämtliche Würfe erhielten genau dieselbe Nahrung.

Am 12. August 1901 wurden die Tiere der einzelnen Würfe gezeichnet und getrennt. Je die Hälfte der Tiere jedes Wurfes wurde für den Aufenthalt in St. Moritz bestimmt, die andere Hälfte blieb in Basel. Am 14. August begleitete ich die nach

---

1) Eine eingehende Zusammenstellung der diesbezüglichen Litteratur findet sich bei G. Schroeder, Der gegenwärtige Stand der Frage über die Blutveränderungen im Gebirge und ihre Bedeutung für das Heilstättenwesen. Zeitschr. f. Tuberkulose und Heilstättenwesen 1900, Bd. 1 S. 509.

St. Moritz bestimmten Tiere an ihren Bestimmungsort. Der Transport erfolgte in geräumigen, luftigen Käfigen. Die Versuchstiere langten am 15. August vormittags munter und wohlbehalten in St. Moritz an. Der Aufenthaltsort für die Versuchstiere wurde in einem freistehenden Gebäude an einem der höchsten Punkte von St. Moritz-Dorf ganz demjenigen der Basler-Tiere angepafst. Zwei geräumige Käfige — einer für die jüngeren und einer für die älteren Tiere — dienten den Kaninchen als Unterkunft. Die Raumverhältnisse gestatteten den Tieren ausgiebigste Bewegung. Die Ratten lebten ebenfalls unter ganz gleichen Verhältnissen wie in Basel. Ganz besondere Sorgfalt wurde auf die Fütterung und die Art des Futters verwendet. Auch hier wurden für St. Moritz und Basel dieselben Verhältnisse hergestellt. Das Futter der Kaninchen bestand aus: Heu, Weizenkleie mit Hafer gemischt, Schwarzbrot und Wasser. Das Heu wurde von St. Moritz nach Basel gesandt. Die Ratten erhielten Fleisch, Mandeln, Mais und Wasser. Sowohl in St. Moritz wie in Basel wurden annähernd gleiche Mengen verabreicht, an beiden Orten durchweg mehr als die Tiere auffrafsen. In regelmäfsigen Intervallen wurde in St. Moritz und in Basel das Körpergewicht bestimmt. Die Resultate dieser Wägungen sind dem Schlusse dieser Arbeit, übersichtlich zusammengestellt, beigefügt.

Die Gesundheitsverhältnisse der Versuchstiere in St. Moritz waren während der ganzen Versuchsdauer durchweg die denkbar günstigsten. Mit Ausnahme von Wurf XI, von welchem ein Tier am dritten Tage nach der Ankunft in St. Moritz starb[1]), trat kein einziger Krankheitsfall auf. Auch in Basel erfreuten sich die Tiere der besten Gesundheit. Eine Ausnahme machte nur der Wurf XI. Von diesem starben zwei Tiere.[2])

Während meines Aufenthaltes in St. Moritz, welcher bis zum 23. September dauerte, hatte Herr Prof. G. v. Bunge die Freund-

1) Das betreffende Tier zeigte bereits bei der ersten Blutkörperchenzählung in St. Moritz eine auffallende Vermehrung der weifsen Blutkörperchen. Die Sektion ergab in sehr ausgesprochenem Mafse ausgedehnte Darm- und Lebercoccidiose.

2) Auch diese beiden Tiere erlagen der Coccidiose.

lichkeit, die Verpflegung und Wägung der in Basel verbliebenen Tiere zu überwachen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. G. v. Bunge für seine liebenswürdige Unterstützung meiner Versuche auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Am 3. September langten in St. Moritz je die Hälfte weiterer Würfe von Kaninchen und Ratten an. Auch diese Tiersendung kam trotz des jugendlichen Alters der Tiere in bestem Zustande an. — Am 23. September verliefs ich mit einem Teil der Versuchstiere St. Moritz und kehrte mit denselben nach Basel zurück. Einen Teil der Tiere hatte ich in St. Moritz selbst in einem eigens zu diesem Zwecke eingerichteten Laboratorium getötet und untersucht. Den Rest der Versuchstiere liefs ich bis zum 14. Oktober in St. Moritz. Herrn Dr. med. Hössli, welcher in liebenswürdigster Weise während dieser Zeit die Aufsicht über die in St. Moritz verbliebenen Tiere übernahm, spreche ich hiermit meinen herzlichsten Dank für seine Freundlichkeit aus.

Blutkörperchenzählung und Hämoglobinbestimmung im Blutstropfen.

I. Methode.

a) Blutkörperchenzählung.

Die Blutkörperchenzählung wurde mit dem Thoma Zeissschen Zählapparate ausgeführt. Zur Verdünnung des Blutes diente die Hayemsche Flüssigkeit. Die in den nachfolgenden Tabellen mitgeteilten Resultate sind ausnahmslos aus dem Mittel von je zwei Bestimmungen gewonnen worden. Gezählt wurde in jedem einzelnen Falle mindestens für ein Präparat die gesamte Felderzahl. Im zweiten Präparat wurden entweder ebenfalls alle Quadrate durchgezählt, oder nur die Hälfte aller Felder. Für jede der beiden Zählungen wurde zur Kammerfüllung ein besonderer Mélangeur verwendet. Die Mélangeurs waren für jedes einzelne Versuchstier stets dieselben. Selbstverständlich wurden nur Prä-

parate berücksichtigt, welche allen Anforderungen vollkommen entsprachen. Speciell berücksichtigt wurden folgende Punkte:

1. Fehlen jeglichen Einschlusses — Luftblasen, Staub etc.
2. Fehlen jeglichen Übertretens von Flüssigkeit auf die Platte.
3. Gleichmäfsige Verteilung der Blutkörperchen in den einzelnen Quadraten.
4. Auftreten und Bestehenbleiben der Newtonschen Farbenringe rings um das ganze Präparat während der ganzen Dauer der Zählung.

Ganz besonderes Gewicht wurde auch auf die Blutentnahme gelegt. Bei den Kaninchen[1]) wurden im allgemeinen Ohrgefäfse gewählt. Der zuerst hervorquellende Blutstropfen wurde stets weggewischt. Verwendet wurden zur Zählung nur Blutstropfen, welche sich rasch und flott präsentierten. Die strikte Innehaltung dieser Regel war wegen der Gefahr der Verdunstung ganz besonders für die Untersuchungen im Hochgebirge sehr geboten.

Gegen die Verwendung der Thoma-Zeifsschen Zählkammer zur Blutkörperchenzählung im Hochgebirge erhoben sich, wie schon erwähnt, ernste Bedenken. Die fast von allen Bearbeitern der Höhenklimafrage betonte Vermehrung der roten Blutkörperchen wurde auf eine Fehlerquelle des Thoma-Zeifsschen Apparates zurückgeführt. Gottstein[2]) stellte die Behauptung auf, dafs die genannte Zählkammer vom äufseren Luftdrucke abhängig sei. Gottstein, Schroeder, Meissen u. a. fanden, dafs bei der Zählung ein und derselben Aufschwemmung von Hefezellen verschiedene Zahlen erhalten wurden, je nach der Höhenlage des Ortes, an dem die Zählung vorgenommen wurde. Je höher der Ort lag, um so gröfser fiel das Resultat der Zählung aus! Damit hielten die genannten Autoren den Beweis des Einflusses des äufseren Luftdruckes für erbracht, dies um so mehr, als Zählungen mit einer Zählkammer, welche durch einen im Objektträger ange-

1) An den Ratten wurden, um jeden Blutverlust zu vermeiden, keine Zählungen ausgeführt.

2) Ausführliche Litteraturangaben über diese Streitfrage und ihre Entwickelung findet sich bei G. Schroeder, a. a. O.

brachten Schlitz in Verbindung mit dem »Aufsendrucke« stand, für jede Höhenlage dieselben Zahlen ergaben. Diesen Angaben wurde von anderer Seite[1]) widersprochen.

Obwohl sich gegen die genannte Behauptung aus verschiedenen Gründen Einwände erheben lassen, so konnte ich den bestimmten Zahlenangaben der genannten Autoren gegenüber eine Nachprüfung nicht umgehen. Eine physikalische Erklärung der beobachteten Abhängigkeit der Zeifs-Thomaschen Zählkammer vom äufseren Luftdruck sind uns die genannten Autoren übrigens schuldig geblieben.

Die Kontrollierung der Thoma-Zeifsschen Zählkammer wurde in folgender Weise vorgenommen. Sowohl in Basel als in St. Moritz wurden unter ganz den gleichen Bedingungen aus derselben Mischpipette die Kammer eines gewöhnlichen Zählapparates und diejenige des mit einem »Schlitz« versehenen gefüllt. Die folgende Zusammenstellung enthält einige Resultate aus dem sehr umfangreichen Zahlenmateriale.

1. Basel.

Datum	Kontrollnummer des Tieres	Alte Thoma-Zeifssche Kammer	Schlitzkammer
28. VII. 01	Wurf II 2	5 405 000	5 403 000
29. » »	» » »	5 409 000	5 411 000
30. » »	» » »	5 415 000	5 414 000
28. » »	» V 2	5 579 000	5 582 000
29. » »	» » »	5 581 000	5 578 000
1. VIII. »	» VI 2	4 908 000	4 907 000
2. » »	» » »	4 911 000	4 915 000
4. » »	» » »	4 905 000	4 909 000
4. » »	» VII 7	5 119 000	5 202 000
5. » »	» » »	5 208 000	5 204 000
8. » »	» VIII 1	5 281 000	5 285 000
9. » »	» » »	5 288 000	5 291 000

1) Turban, Die Blutkörperchenzählung im Hochgebirge und die Meissensche Schlitzkammer. Münchener medizinische Wochenschrift 1899, No. 24 S. 792.

2. St. Moritz.

Datum	Kontrollnummer des Tieres	Alte Thoma-Zeifssche Kammer	Schlitzkammer
16. VIII. 01	Wurf II 2	6 490 000	6 499 000
20. » »	» » »	6 500 000	6 507 000
29. » »	» » »	6 684 000	6 697 000
19. » »	» V 2	6 812 000	6 820 000
25. » »	» » »	6 541 000	6 539 000
31. » »	» » »	6 514 000	6 524 000
29. » »	» VI 3	6 520 000	6 531 000
20. IX. »	» » »	6 614 000	6 628 000
23. VIII. »	» VII 6	5 762 000	5 774 000
23. » »	» VIII 3	7 113 000	7 123 000
30. » »	» » »	7 129 000	7 132 000
2. IX. »	» » »	7 131 000	7 141 000
7. » »	» » »	7 098 000	7 107 000

An mir selbst ausgeführte Zählungen führten zu folgendem **Resultate**:

1. Basel.

4. VIII. 01 { Alte Thoma-Zeifssche Kammer 4 997 000
Schlitzkammer . . . . . . 5 001 000.

2. St. Moritz.

16. VIII. 01 { Alte Thoma-Zeifssche Kammer 5 679 000
Schlitzkammer . . . . . . 5 699 000.

Ein Blick auf die vorstehenden Tabellen lehrt, dafs beide Kammern — die alte Thoma-Zeifssche und die Schlitzkammer — fast identische Zahlen lieferten. In St. Moritz sind die Resultate für die Schlitzkammer etwas höher als für die gewöhnliche Zählkammer. Dieser Umstand ist wohl auf die durch den Schlitz ermöglichte Verdunstung zurückzuführen.

Es ergibt sich somit, dafs die Thoma-Zeifssche Zählkammer vom äufseren Luftdrucke **unabhängig** ist.

b) Hämoglobinbestimmung.

Die Hämoglobinbestimmung wurde von den Bearbeitern der Höhenklimafrage fast ausschliefslich mit dem von Miescher modifizierten Fleischlschen Hämometer ausgeführt. Vorversuche mit diesem Apparate gaben mir keine befriedigenden Re-

sultate. Die Farbennüance des Keiles und diejenige der Blutlösung stimmen nicht überein. Dieser Umstand vereitelt eine genaue Einstellung und damit selbstverständlich jede exakte Bestimmung. Aus diesem Grunde fiel diese Methode aufser Betracht.

Bei früheren Versuchen[1]) hatte ich zur Hämoglobinbestimmung im Gesamtblute eine Methode verwendet, welche auf der colorimetrischen Vergleichung einer Normallösung von Hämoglobinkrystallen mit der zu bestimmenden Blutlösung in planparallelen Trögen beruhte. Da die Farbennüance des verwendeten Hämoglobins — Pferdebluthämoglobin — sehr gut mit dem Kaninchenblut übereinstimmt, so erhält man sehr genaue Resultate. Diese Methode übertrug ich nun auf die Hämoglobinbestimmung im Blutstropfen. Die Bestimmung erfolgte in kleinen planparallelen Trögen. Die Vergleichung wurde ausnahmslos im durchfallenden Lichte vorgenommen. 0,5 ccm der Normallösung — gelöste Pferdebluthämoglobinkrystalle[2]) — wurden so lange aus einer in $^1/_{100}$ ccm eingeteilten Bürette mit Wasser verdünnt, bis dieselbe absolut die gleiche Farbenintensität aufwies wie die Blutlösung. Die Blutlösung wurde in einer Verdünnung von 1 : 20 oder 1 : 40 verwendet. Der Blutstropfen wurde mit einem Leukocytenzähler abgemessen und entweder in demselben selbst verdünnt oder aber aufserhalb desselben. Bei der Blutentnahme[3]) wurden ganz dieselben Regeln beobachtet wie bei der Blutkörperchenzählung. Auch hier wurden nur Blutstropfen verwendet, welche sich ohne jegliche mechanische oder sonstige Beeinflussung rasch in genügender Menge präsentierten. Ausnahmslos erfolgte die Hämoglobinbestimmung durch Vergleichung mit zwei verschiedenen Normallösungen. Mit jeder Normallösung wurden zwei Bestim-

1) E. Abderhalden, Assimilation des Eisens, Zeitschr. f. Biol. 1900, Bd. 39 S. 197.

2) Die Pferdebluthämoglobinkrystalle wurden in sorgfältig verschlossenen Flaschen unter wässerigem Alkohol (1 Teil Alkohol und 4 Teile Wasser) auf Eis aufbewahrt. Die Krystalle lassen sich auf diese Weise unverändert jahrelang aufbewahren und in Eis verpackt beliebig transportieren.

3) Sehr wichtig war es, unnötige Blutverluste zu vermeiden. Momentane Blutstillung erreicht man durch das Auflegen der Haare des betreffenden Tieres auf die blutende Stelle. Es tritt sofortige Gerinnung ein.

mungen ausgeführt. Die in den Tabellen angeführten Zahlen bilden das Mittel aus je vier Einzelbestimmungen. Die einzelnen Resultate stimmten fast ausnahmslos bis auf die zweite Stelle nach dem Komma.

II. Versuche.

In erster Linie war zu entscheiden, ob beim Übergang von einem tiefer gelegenen Orte zu einem höher gelegenen oder umgekehrt, eine Änderung in der Zusammensetzung des Blutes stattfindet. Liefs sich eine solche feststellen, so war von besonderem Interesse zu verfolgen, wie rasch dieselbe eintritt, und wie sie sich während einer längeren Zeit verhält. Am meisten konzentrierte sich meine Aufmerksamkeit auf das Verhalten des Hämoglobins im Vergleiche zur Zahl der roten Blutkörperchen.

Leider konnten bei der Ankunft der ersten Tiersendung äufserer Umstände wegen keine Hämoglobinbestimmungen vorgenommen werden. Aus denselben Gründen liefsen sich die ersten Blutkörperchenzählungen erst 54 Stunden nach der Abfahrt von Basel resp. 40 Stunden nach der Abreise von Thusis (700 M. ü. M.) und 28 Stunden nach der Ankunft in St. Moritz vornehmen. Bei der zweiten Sendung wurde die Blutkörperchenzählung und die Hämoglobinbestimmung unmittelbar nach der Ankunft der Tiere vorgenommen, d. h. 28 Stunden nach der Abreise in Basel resp. 12 Stunden nach der Abfahrt von Thusis. Bei der Rückkehr nach Basel fanden die ersten Bestimmungen 29 Stunden nach der Abfahrt von St. Moritz, resp. 17 Stunden von der Ankunft in Thusis an gerechnet, statt. Die zweite Sendung (14. Oktober) brauchte etwas mehr Reisezeit.

Wie die folgenden Tabellen lehren, wurden die Untersuchungen während des ganzen Aufenthaltes in St. Moritz fortgesetzt. Aufserdem wurden an gesunden Menschen teils einzelne, teils mehrere Blutkörperchenzählungen und zum Teil auch Haemoglobinbestimmungen vorgenommen. Zum Teil handelte es sich um Eingeborene, zum Teil um vorübergehend Anwesende. Ferner wurden Blutkörperchenzählungen und zum Teil auch Hämoglobinbestimmungen vorgenommen an folgenden Tieren:

Ochs, Schaf, Schwein, Hund, Esel, Katze, Kaninchen und Hase. Die Resultate dieser Untersuchungen sind am Schlusse dieses Abschnittes als Anhang angeführt.

Mit ganz besonderer Sorgfalt wurden die Blutkörperchenpräparate auf etwaige Veränderungen der Form und des Aussehens der roten Blutkörperchen durchsucht. Auch den weifsen Blutkörperchen wurde Beachtung geschenkt. Systematische Untersuchungen über die Zahl derselben waren leider aus Zeitmangel nicht durchführbar.

In den folgenden Tabellen sind die Resultate der Blutkörperchenzählungen und der Hämoglobinbestimmungen niedergelegt:

Wurf II. Datum der Geburt: 6. I. 1901.

Nummer des Versuchstieres: 2				Nummer des Versuchstieres: 6			
Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %[1]	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
30. VII.	Basel	5 415 000		30. VII.	Basel	5 418 000	
2. VIII.	›	5 398 000		2. VIII.	›	5 416 000	
11. ›	›	5 416 000		11. ›	›	5 423 000	
16. ›	St. Moritz	6 490 000		16. ›	St. Moritz	6 004 000	
17. ›	›	6 509 000		17. ›	›	6 171 000	
18. ›	›	6 498 000		18. ›	›	6 198 000	
19. ›	›	6 569 000		19. ›	›	6 210 000	
20. ›	›	6 500 000		20. ›	›	6 189 000	
21. ›	›	6 524 000		21. ›	›	6 175 000	
22. ›	›	6 610 000		22. ›	›	6 215 000	
23. ›	›	6 624 000		25. ›	›	6 220 000	
26. ›	›	6 700 000		27. ›	›	6 215 000	
29. ›	›	6 684 000		30. ›	›	6 235 000	
31. ›	›	6 664 000		3. IX.	›	6 241 000	14,71
2. IX.	›	6 672 000	14,67	6. ›	›	6 339 000	14,75
6. ›	›	6 624 000		8. ›	›	6 348 000	
9. ›	›	6 635 000	14,27	10. ›	›	6 350 000	
12. ›	›	6 670 000		13. ›	›	6 349 000	14,89
14. ›	›	6 678 000	14,29	16. ›	›	6 346 000	14,92

1) d. h. Hämoglobin in g pro 100 ccm Blut.

Nummer des Versuchstieres: 1				Nummer des Versuchstieres: 7			
Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
30. VII.	Basel	5 499 000		30. VII.	Basel	5 474 000	
2. VIII.	»	5 520 000		2. VIII.	»	5 479 000	
11. »	»	5 518 000		11. »	»	5 468 000	
16. »	St. Moritz	6 270 000		16. »	St. Moritz	6 301 000	
17. »	»	6 287 000		17. »	»	6 309 000	
18. »	»	6 456 000		18. »	»	6 412 000	
19. »	»	6 397 000		20. »	»	6 398 000	
20. »	»	6 380 000		22. »	»	6 375 000	
21. »	»	6 397 000		24. »	»	6 378 000	
22. »	»	6 420 000		26. »	»	6 398 000	
24. »	»	6 424 000		28. »	»	6 410 000	
26. »	»	6 447 000		30. »	»	6 436 000	
28. »	»	6 476 000		1. IX.	»	6 446 000	14,74
31. »	»	6 412 000		4. »	»	6 487 000	
5. IX.	»	6 389 000	14,31	8. »	»	6 500 000	14,77
9. »	»	6 390 000		13. »	»	6 515 000	
12. »	»	6 410 000	14,37	19. »	»	6 501 000	14,84
15. »	»	6 412 000		25. »	Basel	6 515 000	14,81
18. »	»	6 418 000		26. »	»	6 498 000	14,85
19. »	»	6 405 000	14,44	27. »	»	6 012 000	14,01
24. »	Basel	6 387 000	14,06	28. »	»	5 802 000	13,40
25. »	»	6 250 000	14,08	29. »	»	5 674 000	12,97

Wurf V. Datum der Geburt: 16. III. 1901.

Nummer des Versuchstieres: 2				Nummer des Versuchstieres: 6			
29. VII.	Basel	5 581 000		29. VII.	Basel	5 611 000	
4. VIII.	»	5 584 000		4. VIII.	»	5 621 000	
10. »	»	5 586 000		10. »	»	5 119 000	
15. »	St. Moritz	6 216 000		15. »	St. Moritz	6 378 000	
16. »	»	6 195 000		16. »	»	6 299 000	
17. »	»	6 205 000		17. »	»	6 310 000	
18. »	»	6 293 000		18. »	»	6 325 000	
19. »	»	6 312 000		19. »	»	6 398 000	
20. »	»	6 400 000		20. »	»	6 412 000	
21. »	»	6 492 000		22. »	»	6 434 000	
23. »	»	6 500 000		24. »	»	6 515 000	
25. »	»	6 541 000		26. »	»	6 535 000	
27. »	»	6 521 000		30. »	»	6 535 000	
31. »	»	6 514 000		3. IX.	»	6 541 000	14,15
4. IX.	»	6 517 000	13,99	6. »	»	6 539 000	
8. »	»	6 512 000	14,02	9. »	»	6 538 000	14,17
13. »	»	6 515 000	14,09	12. »	»	6 541 000	
				16. »	»	6 538 000	14,45

Wurf V. Dat. d. Geb.: 16. III. 01.				**Wurf XI.** Dat. d. Geb.: 25. VI. 01.			
Nummer des Versuchstieres: 3				Nummer des Versuchstieres: 3			
Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
29. VII.	Basel	5 563 000		29. VII.	Basel	4 919 000	
4. VIII.	›	5 564 000		5. VIII.	›	4 961 000	
10. ›	›	5 569 000		9. ›	›	4 958 000	
15. ›	St. Moritz	6 165 000		15. ›	St. Moritz	5 947 000	
16. ›	›	6 166 000		16. ›	›	5 958 000	
17. ›	›	6 150 000		17. ›	›	5 997 000	
18. ›	›	6 203 000		18. ›	›	5 996 000	
19. ›	›	6 398 000		19. ›	›	5 992 000	
20. ›	›	6 402 000		20. ›	›	5 999 000	
21. ›	›	6 431 000		23. ›	›	6 113 000	
24. ›	›	6 410 000		27. ›	›	6 121 000	
27. ›	›	6 399 000		30. ›	›	6 137 000	
1. IX.	›	6 402 000	14,55	2. IX.	›	6 141 000	14,12
4. ›	›	6 405 000	14,52	6. ›	›	6 151 000	
8. ›	›	6 411 000		14. ›	›	6 156 000	14,22
13. ›	›	6 401 000	14,44	17. ›	›	6 153 000	
17. ›	›	6 398 000		20. ›	›	6 150 000	14,23
20. ›	›	6 397 000	14,42	24. ›	Basel	6 113 000	14,18
24. ›	Basel	6 412 000	14,57	25. ›	›	6 097 000	14,01
25. ›	›	6 366 000	14,11	26. ›	›	5 814 000	13,40
26. ›	›	6 012 000	14,01	27. ›	›	5 679 000	13,12
27. ›	›	5 863 000	13,12	28. ›	›	5 446 000	12,60
				29. ›	›	5 315 000	12,23

Wurf XI. Datum der Geburt: 25. VI. 1901.

Nummer des Versuchstieres: 1				Nummer des Versuchstieres: 2			
29. VII.	Basel	4 737 000		29. VII.	Basel	4 834 000	
5. VIII.	›	4 744 000		5. VIII.	›	4 844 000	
12. ›	›	4 748 000		12. ›	›	4 848 000	
15. ›	St. Moritz	5 812 000		15. ›	St. Moritz	5 872 000	
16. ›	›	5 910 000		16. „	›	5 868 000	
17. ›	›	5 900 000		18. ›	›	5 875 000	
19. ›	›	5 917 000		20. ›	›	5 912 000	
21. ›	›	5 996 000		22. ›	›	5 955 000	
23. ›	›	6 078 000		24. ›	›	5 968 000	
25. ›	›	6 064 000		26. ›	›	5 975 000	
27. ›	›	6 084 000		28. ›	›	6 008 000	
29. ›	›	6 096 000		30. ›	›	6 012 000	
31. ›	›	6 101 000		1. IX.	›	6 066 000	14,68
2. IX.	›	6 096 000	14,12	4. ›	›	6 054 000	
5. ›	›	6 092 000	14,08	9. ›	›	6 077 000	14,72
8. ›	›	6 098 000	14,14	13. ›	›	6 084 000	
11. ›	›	6 089 000		16. ›	›	6 079 000	14,77
15. ›	›	6 102 000	14,22				

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
Wurf I. Datum d. Geburt: 2. I. 1901.				
4	30. VII.	Basel	5 520 000	
	3. VIII.	»	5 529 000	
	3. IX.	St. Moritz	7 059 000	14,04
	4. »	»	7 047 000	
	5. »	»	7 051 000	14,12
	6. »	»	7 063 000	
	7. »	»	7 064 000	
	8. »	»	7 079 000	14,26
	9. »	»	7 093 000	
	10. »	»	7 089 000	
	11. »	»	7 097 000	14,31
	12. »	»	7 112 000	
	15. »	»	7 159 000	
	18. »	»	7 171 000	14,67
	16. X.	Basel	7 050 000	13,96
	17. »	»	6 712 000	13,64
1	30. VII.	Basel	5 210 000	
	3. VIII.	»	5 223 000	
	3. IX.	St. Moritz	6 269 000	12,89
	5. »	»	6 310 000	
	7. »	»	6 331 000	
	9. »	»	6 329 000	12,92
	11. »	»	6 331 000	
	13. »	»	6 362 000	
	15. »	»	6 400 000	13,02
	17. »	»	6 396 000	
	19. »	»	6 412 000	
	20. »	»	6 414 000	13,11
	16. X.	Basel	6 339 000	13,12
	17. »	»	5 950 000	12,66
	18. »	»	5 662 000	12,00
	19. »	»	5 412 000	11,28
	20. »	»	5 414 000	11,01
2	30. VII.	Basel	5 315 000	
	3. VIII.	»	5 319 000	
	5. X.	»	5 531 000	10,61
3	30. VII.	Basel	5 305 000	
	3. VIII.	»	5 310 000	
	8. X.	»	5 652 000	10,82
	9. »	»	5 656 000	10,79

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
Wurf II. Dat. d. Geb.: 6. I. 1901.				
4	1. VIII.	Basel	5 568 000	
	6. »	»	5 572 000	
	25. IX.	»	5 681 000	11,02
3	1. VIII.	Basel	5 398 000	
	6. »	»	5 410 000	
	2. X.	»	5 578 000	11,24
5	1. VIII.	Basel	5 472 000	
	6. »	»	5 480 000	
	3. X.	»	5 613 000	10,92
Wurf III. Dat. d. Geb.: 29. I. 1901.				
4	1. VIII.	Basel	5 487 000	
	7. »	»	5 492 000	
	17. »	St. Moritz	6 160 000	13,56
	25. »	»	6 218 000	
	12. IX.	»	6 444 000	14,05
1	1. VIII.	Basel	5 637 000	
	7. »	»	5 636 000	
	19. »	St. Moritz	6 120 000	14,12
	24. »	»	6 210 000	
	14. IX.	»	6 311 000	14,56
5	1. VIII.	Basel	5 081 000	
	7. »	»	5 084 000	
	25. »	St. Moritz	6 274 000	14,02
	20. IX.	»	6 354 000	14,37
	26. »	Basel	5 947 000	13,25
3	1. VIII.	Basel	5 674 000	
	7. »	»	5 684 000	
	26. IX.	»	5 714 000	11,91
2	1. VIII.	Basel	5 597 000	
	7. »	»	5 614 000	
	3. X.	»	5 705 000	12,00

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
Wurf IV.	Dat. d. Geb.: 15. III. 1901.			
4	2. VIII.	Basel	6 168 000	
	6. »	»	6 188 000	
	18. »	St. Moritz	7 106 000	
	22. »	»	7 001 000	
	24. »	»	7 090 000	
	28. »	»	7 110 000	
	7. IX.	»	7 191 000	15,01
	10. »	»	7 212 000	15,22
6	2. VIII.	Basel	6 112 000	
	6. »	»	6 100 000	
	20. »	St. Moritz	7 050 000	
	28. »	»	7 115 000	
	7. IX.	»	7 145 000	15,99
	14. »	»	7 210 000	16,12
1	2 VIII.	Basel	5 812 000	
	6. »	»	5 804 000	
	21. »	St. Moritz	7 106 000	
	26. »	»	7 102 000	
	5. IX.	»	7 167 000	15,00
	11. »	»	7 212 000	15,04
	20. »	»	7 284 000	14,96
	25. »	Basel	7 389 000	14,99
	26. »	»	6 906 000	14,32
	27. »	»	5 806 000	11,96
	28. »	»	5 823 000	11,61
5	2. VIII.	Basel	5 490 000	
	6. »	»	5 495 000	
	26. IX.	»	5 711 000	13,05
2	2. VIII.	Basel	5 112 000	
	6. »	»	5 084 000	
	2. X.	»	5 314 000	11,03
3	2. VIII.	Basel	5 424 000	
	6. »	»	5 412 000	
	4. X.	»	5 513 000	11,12

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
Wurf V.	Dat. d. Geb.: 16. III. 1901.			
5	3. VIII.	Basel	5 583 000	
	8. »	»	5 584 000	
	30. IX.	»	5 712 000	12,51
1	3. VIII.	Basel	4 672 000	
	8. »	»	4 660 000	
	2. X.	»	5 057 000	12,10
4	3. VIII.	Basel	5 572 000	
	8. »	»	5 580 000	
	8. X.	»	5 419 000	12,24
Wurf VI.	Dat. d. Geb.: 7. IV. 1901.			
2	4. VIII.	Basel	4 905 000	
	8. »	»	4 924 000	
	21. »	St. Moritz	6 312 000	
	25. »	»	6 389 000	
	1. IX.	»	6 412 000	15,68
	3. »	»	6 415 000	
	10. »	»	6 477 000	15,77
4	4. VIII.	Basel	5 541 000	
	8. »	»	5 532 000	
	1. IX.	St. Moritz	6 610 000	15,24
	16. »	»	6 711 000	15,32
3	4. VIII.	Basel	5 424 000	
	8. »	»	5 412 000	
	29. »	St. Moritz	6 520 000	
	4. IX.	»	6 572 000	15,81
	20. »	»	6 614 000	15,99
	25. »	Basel	6 612 000	15,87
	27. »	»	5 812 000	14,01
	29. »	»	5 514 000	13,21
6	4. VIII.	Basel	5 512 000	
	8. »	»	5 507 000	
	29. »	St. Moritz	6 715 000	
	4. IX.	»	6 812 000	16,51

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blut-körperchen	Hämo-globin in %
Wurf VI. Dat. d. Geb.: 7. IV. 1901.				
6	20. IX.	St. Moritz	6 874 000	16,87
	26. »	Basel	6 912 000	16,91
	27. »	»	6 105 000	14,81
	28. »	»	5 735 000	13,81
	29. »	»	5 612 000	13,72
	30. »	»	5 559 000	13,74
	1. X.	»	5 601 000	13,72
5	4. VIII.	Basel	5 569 000	
	8. »	»	5 572 000	
	29. IX.	»	5 701 000	13,02
1	4. VIII.	Basel	4 978 000	
	8. »	»	4 990 000	
	9. X.	»	5 324 000	12,64
Wurf VII. Dat. d. Geb.: 12. IV. 1901.				
7	5. VIII.	Basel	5 208 000	
	23. »	St. Moritz	6 640 000	
	29. »	»	6 697 000	
	3. IX.	»	6 703 000	14,82
	11. »	»	6 753 000	14,89
3	5. VIII.	Basel	4 676 000	
	23. »	St. Moritz	5 731 000	
	29. »	»	5 810 000	
	6. IX.	»	5 953 000	13,00
	15. »	»	6 025 000	12,96
6	5. VIII.	Basel	4 892 000	
	23. »	St. Moritz	5 762 000	
	20. IX.	»	6 112 000	13,66
	24. »	Basel	6 118 000	13,69
	28. »	»	5 450 000	11,89
	30. »	»	5 464 000	11,87
	1. X.	»	5 458 000	11,91
	2. »	»	5 452 000	
	3. »	»	5 421 000	
	4. »	»	5 448 000	11,77
	6. »	»	5 459 000	
	8. »	»	5 462 000	11,84
Wurf VII. Dat. d. Geb.: 12. IV. 1901.				
8	1. VIII.	Basel	5 032 000	
	29. IX.	»	5 312 000	11,21
4	1. VIII.	Basel	4 968 000	
	1. X.	»	5 213 000	11,92
5	5. VIII.	Basel	4 924 000	
	7. X.	»	5 643 000	
2	5. VIII.	Basel	5 348 000	
	7. X.	»	5 443 000	11,62
1	9. VIII.	Basel	5 056 000	
	22. »	St. Moritz	6 431 000	
	19. IX.	»	6 512 000	14,61
	16. X.	Basel	6 414 000	14,51
	17. »	»	6 012 000	13,46
Wurf VIII. Dat. d. Geb.: 24. IV. 1901.				
1	9. VIII.	Basel	5 288 000	
	19. »	St. Moritz	6 712 000	
	14. IX.	»	6 734 000	15,41
7	9. VIII.	Basel	5 314 000	
	20. »	St. Moritz	6 814 000	
	17. IX.	»	6 999 000	16,22
6	9. VIII.	Basel	5 414 000	
	24. IX.	»	5 517 000	12,01
2	9. VIII.	Basel	5 316 000	
	1. X.	»	5 501 000	12,02
5	9. VIII.	Basel	5 792 000	
	4. X.	»	5 824 000	12,64
3	9. VIII.	Basel	5 232 000	
	23. »	St. Moritz	7 113 000	
	30. »	»	7 129 000	
	2. IX.	»	7 131 000	16,34
	7. »	»	7 098 000	16,37
	14. »	»	7 178 000	16,41
	16. X.	Basel	7 002 000	16,66
4	9. VIII.	Basel	5 940 000	
	28. »	St. Moritz	7 562 000	
	10. IX.	»	7 612 000	17,51
	20. X.	Basel	6 001 000	14,01

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
Wurf IX. Dat. d. Geb.: 4. VI. 1901.				
6	10.VIII.	Basel	4 692 000	
	24. »	St. Moritz	5 898 000	
	26. »	»	5 919 000	
	3. IX.	»	5 977 000	13,66
	5. »	»	6 075 000	
	9. »	»	6 035 000	13,82
	10. »	»	6 034 000	13,81
5	10.VIII.	Basel	5 248 000	
	25. »	St. Moritz	6 075 000	
	26. »	»	6 119 000	
	17. IX.	»	6 325 000	14,71
1	10.VIII.	Basel	5 248 000	
	25. »	St. Moritz	6 111 000	
	19. IX.	»	6 312 000	13,86
	28. »	Basel	5 778 000	11,76
7	10.VIII.	Basel	5 118 000	
	1. IX.	St. Moritz	6 422 000	14,05
	28. »	Basel	5 801 000	12,64
3	10.VIII.	Basel	5 340 000	
	25. IX.	»	5 513 000	11,51
2	10.VIII.	Basel	5 160 000	
	3. X.	»	5 317 000	11,34
4	10.VIII.	Basel	4 764 000	
	4. X.	»	5 059 000	11,01

Kontroll-nummer	Datum	Ort	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobin in %
Wurf X. Dat. d. Geb.: 23. VI. 1901.				
2	7.VIII.	Basel	4 870 000	
	30. »	St. Moritz	6 075 000	
	11. IX.	»	5 998 000	13,41
4	7.VIII.	Basel	4 512 000	
	15. IX.	St. Moritz	6 370 000	13,78
	7. X.	Basel	5 556 000	11,87
1	11.VIII.	Basel	4 650 000	
	16. IX.	St. Moritz	6 001 000	13,57
	7. X.	Basel	5 312 000	11,81
3	11.VIII.	Basel	4 917 000	
	26. IX.	»	5 314 000	11,09
6	11.VIII.	Basel	5 240 000	
	3. X.	»	5 605 000	11,22
9	11.VIII.	Basel	4 887 000	
	7. X.	»	5 162 000	11,02
7	11.VIII.	Basel	5 070 000	
	11. X.	»	5 537 000	11,98
10	12.VIII.	Basel	4 888 000	
	12. X.	»	5 212 000	11,44
5	12.VIII.	Basel	4 756 000	
	18. IX.	St. Moritz	5 975 000	13,20
	16. X.	Basel	6 174 000	13,69
8	12.VIII.	Basel	4 498 000	
	18. IX.	St. Moritz	5 948 000	13,98
	19. X.	Basel	5 612 000	13,01
Wurf XI. Dat. d. Geb.: 25. VI. 1901.				
6	7.VIII.	Basel	4 875 000	
	9. »	»	4 888 000	
	29. IX.	»	5 115 000	
	1. X.	»	5 121 000	10,75

Aus den vorliegenden Tabellen ergeben sich folgende Resultate:

1. Die Zahl der roten Blutkörperchen nimmt beim Übergang von einem tiefer gelegenen Orte zu einem höher gelegenen zu und umgekehrt bei der Übersiedelung von dem höher gelegenen Orte zu dem tiefer gelegenen ab.

2. In ganz demselben Sinne ändert sich auch der Hämoglobingehalt.
3. Die Zunahme der Zahl der Blutkörperchen und diejenige des Hämoglobins erfolgt sofort nach der Ankunft am höher gelegenen Ort und bleibt während des ganzen Aufenthaltes bestehen.
4. Die Abnahme der Zahl der Blutkörperchen und diejenige des Hämoglobins erfolgt beim Übergang in die Ebene allmählich. Nach 4—6 Tagen wird eine konstante Zahl erreicht.
5. Hämoglobin und Blutkörperchenzahl steigen und fallen in genau den gleichen Verhältnissen.

Dieses letztere, wohl wichtigste Resultat der vorliegenden Untersuchungen ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung.

No. des Wurfes und des Versuchstieres	Datum	Ort	Hämoglobin [1]) pro Milliarde der Blutkörperchen	No. des Wurfes und des Versuchstieres	Datum	Ort	Hämoglobin pro Milliarde der Blutkörperchen
II,1	5. IX.	St. Moritz	2,24	XI,3	2. IX.	St. Moritz	2,29
	12. ›	›	2,24		14. ›	›	2,31
	19. ›	›	2,25		20. ›	›	2,31
	24. ›	Basel	2,20		24. ›	Basel	2,32
	25. ›	›	2,25		25. ›	›	2,29
II,7	1. IX.	St. Moritz	2,28		26. ›	›	2,30
	8. ›	›	2,27		27. ›	›	2,31
	19. ›	›	2,28		28. ›	›	2,31
	25. ›	Basel	2,27		29. ›	›	2,30
	26. ›	›	2,21				
	27. ›	›	2,33	I,4	3. IX.	St. Moritz	1,99
	28. ›	›	2,31		5. ›	›	2,00
	29. ›	›	2,29		8. ›	›	2,01
V,3	1. IX.	St. Moritz	2,27		11. ›	›	2,01
	4. ›	›	2,27		18. ›	›	2,04
	13. ›	›	2,26		16. X.	Basel	1,98
	20. ›	›	2,25		17. ›	›	2,03
	24. ›	Basel	2,27				
	25. ›	›	2,21				
	26. ›	›	2,33				
	27. ›	›	2,24				

1) in Centigramm.

No. des Wurfes und des Versuchstieres	Datum	Ort	Hämoglobin pro Milliarde der Blutkörperchen
I,1	3. IX.	St. Moritz	2,05
	9. »	»	2,04
	15. »	»	2,03
	20. »	»	2,04
	16. X.	Basel	2,07
	17. »	»	2,12
	18. »	»	2,12
	19. »	»	2,08
	20. »	»	2,03
III,5	25. VIII	St. Moritz	2,23
	20. IX.	»	2,26
	26. »	Basel	2,22
IV,1	5. IX	St. Moritz	2,09
	11. »	»	2,08
	20. »	»	2,05
	25. »	Basel	2,03
	26. »	»	2,07
VI,3	4. IX.	St. Moritz	2,40
	20. »	»	2,42
	25. »	Basel	2,40
	27. »	»	2,41
	29. »	»	2,39
VI,6	4. IX.	St. Moritz	2,42
	20. »	»	2,45
	26. »	Basel	2,44
	27. »	»	2,42
	28. »	»	2,41
	29. »	»	2,44
	30. »	»	2,47
	1. X.	»	2,45

No. des Wurfes und des Versuchstieres	Datum	Ort	Hämoglobin pro Milliarde der Blutkörperchen
VII,6	20. IX.	St. Moritz	2,23
	24. »	Basel	2,22
	28. »	»	2,18
	30. »	»	2,17
	1. X.	»	2,18
	4. »	»	2,16
	8. »	»	2,16
VII,1	19. IX.	St. Moritz	2,24
	16. X.	Basel	2,27
	17. »	»	2,23
VIII,3	2. IX.	St. Moritz	2,29
	7. »	»	2,30
	14. »	»	2,28
	16. X.	Basel	2,37
VIII,4	10. IX.	St. Moritz	2,30
	20. X.	Basel	2,33
IX,1	19. IX.	St. Moritz	2,19
	28. »	Basel	2,03
IX,7	1. IX.	St. Moritz	2,19
	28. »	Basel	2,19
X,4	15. IX.	St. Moritz	2,16
	7. X.	Basel	2,14
X,1	16. IX.	St. Moritz	2,26
	7. X.	Basel	2,22
X,5	18. IX.	St. Moritz	2,21
	16. X.	Basel	2,21
X,8	18. IX.	St. Moritz	2,35
	19. X.	Basel	2,31

Die vorliegenden Tabellen zeigen, dafs die Hämoglobinmenge auf die gleiche Zahl der Blutkörperchen berechnet stets dieselbe bleibt. Von grofsem Interesse ist eine Gegenüberstellung der pro Einheit (eine Milliarde) der Blutkörperchen berechneten Hämoglobinzahlen der St. Moritzer Tiere und derjenigen der Basler

Tiere. Die folgende Zusammenstellung gibt für einige Baseler Tiere die mittleren Werte für die pro Milliarde berechnete Hämoglobinmenge.

Nummer des Wurfes und des Versuchstieres	Hämoglobin pro Milliarde Blutkörperchen	Nummer des Wurfes und des Versuchstieres	Hämoglobin pro Milliarde Blutkörperchen	Nummer des Wurfes und des Versuchstieres	Hämoglobin pro Milliarde Blutkörperchen
I,2	1,92	IV,3	2,01	VIII,6	2,17
I,3	1,92	V,5	2,19	VIII,5	2,17
II,4	1,94	V,4	2,25	IX,3	2,08
II,5	1,94	VI,5	2,28	IX,4	2,17
III,3	2,09	VI,1	2,37	X,3	2,08
III,2	2,10	VII,4	2,28	X,10	2,19
IV,5	2,28	VII,2	2,13		

Vergleicht man diese Zahlen mit den entsprechenden Angaben in der vorhergehenden Tabelle, so zeigt sich, daſs die St. Moritzer-Tiere gegenüber den Basler-Tieren im allgemeinen — nicht durchweg — höhere Hämoglobinzahlen aufweisen. Der Unterschied ist aber gering.

Verfolgt man die Resultate der Blutkörperchenzählungen von der Ankunft in St. Moritz an bis zur letzten daselbst ausgeführten Zählung, so ergibt sich, daſs die Zahlen allmählich ansteigen. Es ist diese Erscheinung aber keineswegs den St. Moritzer Tieren eigentümlich. Dieselbe Erscheinung zeigte sich auch bei den Basler Tieren — nur das Niveau, von dem aus die Steigerung ausging, ist bei beiden verschieden. Diese von dem Höhenklima unabhängige Zunahme der Blutkörperchen ist namentlich in Rechnung zu ziehen bei der Feststellung der Erreichung der »normalen« Blutkörperchenzahl beim Übergang in die Ebene. Es darf aus genannten Gründen nicht die vor dem Aufenthalt in St. Moritz in Basel gefundene Blutkörperchenzahl erwartet werden, sondern eine vom Höhenklima unabhängige höhere Zahl.

Hervorheben möchte ich noch, daſs ich während der ganzen Dauer der Untersuchungen niemals irgendwelche Veränderungen in der Form und dem Aussehen der roten Blutkörperchen beobachtete, welche für das Höhenklima specifisch gewesen wären.

Gänzlich vermifst wurden die zuerst von Viault[1]), dann von Egger[2]) und namentlich von Mercier[3]) beschriebenen kleinen Blutkörperchen[4]). Ebensowenig beobachtete ich das von Schaumann und Rosenquist[5]) angeführte vermehrte Auftreten von kernhaltigen Blutkörperchen[6]). Auch vermifste ich beim Übergang in die Ebene ausnahmslos das Auftreten von «Schatten».

Anhang.

Das im vorigen Abschnitte mitgeteilte Zahlenmaterial ist an ein und derselben Tierspecies — Kaninchen — gewonnen worden. Es war deshalb sehr erwünscht, festzustellen, ob andere Organismen in derselben Weise auf das Höhenklima reagieren. Systematische Untersuchungen stellte ich zunächst an mir selbst an. Die folgenden Zahlen geben die Resultate derselben wieder: Zahl der roten Blutkörperchen:

1. in Basel (vor der Abreise nach St. Moritz): Mittel aus 10 Doppelbestimmungen: 4994000.

2. in St. Moritz: Mittel aus 30 Doppelbestimmungen: 5684000.

3. in Basel, nach der Rückkehr von St. Moritz nach 6 Tagen erreichte konstante Zahl: Mittel aus 10 Doppelbestimmungen (29. IX. bis 9. X.): 5011000.

Am Tage vor der Abreise nach St. Moritz (13. VIII.) betrug die Zahl der roten Blutkörperchen: 5005000. Am 16. VIII. ergab die Zählung 5679000, am 17. VIII. 5681000, am 18. VIII.

1) Viault, Compt. rend. t. 111 pag. 917.

2) Egger, a. a. O., S. 437.

3) A. Mercier, Des modifications de nombre et de volume, que subissent les érythrocytes sous l'influence de l'altitude. Archives de physiol. 1894, pag. 769.

4) Dagegen beobachtete ich die von Egger abgebildeten Formen in Basel. Auffallenderweise handelte es sich stets um an Coccidiose erkrankte Tiere.

5) Ossian Schaumann und Emil Rosenquist, Über die Natur der Blutveränderungen im Höhenklima. Zeitschr. f. klin. Medizin., Bd. 35 S. 16. — Zur Frage über die Einwirkung des Höhenklimas auf die Blutbeschaffenheit. Centralbl. f. innere Medicin 1896, No. 22. — Ist die Blutkörperchenvermehrung im Höhenklima eine wirkliche oder nur eine scheinbare? Archiv f. d. gesamte Physiol. 1897, Bd. 68, S. 55.

6) Vereinzeltes Auftreten von kernhaltigen roten Blutkörperchen ist nicht für das Höhenklima specifisch. Vergl. Mauricio Ascoli, Über das Vorkommen kernhaltiger Erythrocyten im normalen Blute. Archiv f. mikrokopische Anatomie und Entwickelungsgeschichte, Bd. 55, 1900, S. 426.

5683000, am 25. VIII. 5689000 etc. etc. Während der ganzen Dauer des Aufenthaltes in St. Moritz hielt sich die Blutkörperchenzahl in genannter Höhe. Am 20. IX. — letzte Zählung in St. Moritz — betrug die Zahl: 5687000. Bei der Ankunft in Basel (24. IX.) zählte ich 5682000, am 25. IX. 5679000, am 26. IX. 5662000, am 27. IX. 5501000, am 28. IX. 5312000, am am 29. IX. 5112000, am 30. IX. 5009000, am 1. X. 5014000, am 2. X. 5016000 etc.

Die Hämoglobinbestimmungen ergaben für St. Moritz im Mittel: 15,44%, für Basel nach erfolgter Rückkehr nach Basel und eingetretenem Abfall der Blutkörperchenzahl (29. IX.) im Mittel: 13,42%. Berechnet man auch hier für St. Moritz und Basel die Hämoglobinmenge pro Milliarde Blutkörperchen, so erhält man für St. Moritz 2,71 cg Hämoglobin und für Basel 2,68 cg.

Die mitgeteilten Resultate decken sich vollkommen mit den bei den Kaninchen gefundenen. Auch hier zeigt sich ein plötzliches Ansteigen der Blutkörperchenzahl und ein langsameres Abfallen derselben mit dem Ortswechsel. Hämoglobin und Blutkörperchenzahl steigen und fallen auch hier proportional.

Auffallend sind die im Vergleich zu den in der Litteratur mitgeteilten Zahlen niedrigen Werte für St. Moritz. Die von mir gefundenen Werte überschritten in keinem Falle die Zahl 5700000. Auch die an weiteren Personen ausgeführten Zählungen ergaben, wie die nachstehenden Tabellen zeigen, keine höheren Werte. Hervorheben möchte ich, dafs auch die hier mitgeteilten Resultate genau in derselben Weise erhalten wurden, wie die im vorigen Abschnitte erhaltenen.

Der Grund des Befundes der verhältnismäfsig niederen Blutkörperchenzahlen kann nicht mit dem Ort der Blutentnahme erklärt werden, indem besonders bei den an mir ausgeführten Zählungen stets andere Stellen gewählt wurden. Zu gleicher Zeit durch Einstich in die Fingerkuppe und in den Unterschenkel erhaltene Blutproben gaben bei mir z. B. folgende Resultate:

4. IX. { Blutprobe aus der Fingerkuppe 5678000.
» » dem Unterschenkel 5687000.

Herr Dr. Guglielminetti, welcher die Freundlichkeit hatte, sich mir zur Verfügung zu stellen, gab folgende Werte:
Bei Einstich in die Fingerkuppe: 5 668 000 rote Blutkörperchen.
» » » » Wade: 5 660 000 » »

Blutkörperchenzählungen

a) an vorübergehend in St. Moritz Anwesenden.[1])

	Alter in Jahren	Aufenthaltsort vor der Ankunft in St. Moritz	Dauer des Aufenthaltes in St. Moritz	Datum der Zählung	Zahl der roten Blutkörperchen	Bemerkungen
J. W. aus New-York	31	Luzern	7 Tage	24. VIII.	5 714 000	
J. H. aus London .	32	Luzern	6 »	27. »	5 634 000	
Dr. med. G. aus Monte-Carlo	38	Zürich	51 »	28. »	5 664 000	
F. Ch. aus Venedig	27	Luzern	11 »	28. »	5 738 000	
G. B. aus Zürich .	24	Zürich	$2^1/_2$ Mon.	29. »	5 668 000	
Dr. med. G. aus Monte-Carlo	38	Zürich	54 Tage	31. »	5 630 000	
Ch. M. aus London	33	Venedig	14 »	31. »	5 585 000	
Frau M. aus London	27	»	14 »	31. »	4 490 000	Sehr anämisches Aussehen.
J. St. aus Italien .	22	—	ca. 2 Mon.	2. IX.	5 714 000	
F. G. aus Italien .	28	—	»	3. »	5 708 000	
G. V. aus Italien .	24	—	»	3. »	5 712 000	

b) an dauernd[2]) in St. Moritz Anwesenden und Eingeborenen.

	Alter in Jahren	Datum	Zahl der roten Blutkörperchen	Bemerkungen
Dr. med. A. H. . .	51	1. IX.	5 616 000	
K. H.	17	1. »	5 536 000	
Italiener, Eselführer	ca. 50	6. »	5 414 000	
E. E.	13	8. »	5 205 000	

Weiter wurden Zählungen an verschiedenen Tierarten ausgeführt, um festzustellen, ob die beobachtete Zunahme der roten Blutkörperchen allen Tierspecies gemeinsam ist und speciell, ob

1) Dauer des Aufenthaltes bis zu 3 Monaten umfassend.

2) Diejenigen Personen umfassend, welche mehr als 3 Monate in St. Moritz verbrachten.

in St. Moritz geborene und aufgewachsene Tiere ebenso hohe Blutkörperchenzahlen aufwiesen, wie meine Versuchstiere.

1. Blutkörperchenzählungen an Ochsen.

Dieselben waren am 17. VIII. von Italien nach St. Moritz befördert worden.

Die Zählung ergab am 18. VIII. bei
Tier 1: 6212000
» 2: 6714000
» 3: 6415000
» 4: 6001000

Die Zählung ergab am 19. VIII
Tier 1: 6197000
» 2: 6682000
» 3: 6462000
» 4: 6017000

	Die Zählung ergab am		
	20. August	21. August	22. August
Bei Tier 1	6 217 000	—	—
» » 2	—	6 699 000	—
» » 3	—	—	6 512 000
» » 4	—	—	6 127 000

2. Blutkörperchenzählungen an Schweinen:

Tier 1 (6. IX.) 7112000.
» 2 (8. IX.) 7555000.

3. Blutkörperchenzählungen an Schafen:

Tier 1 (14. IX.) 7315000.
» 2 (15. IX.) 7377000.

4. Blutkörperchenzählungen an Esel:

5½ Jahre alte Eselin: 7232000.

5. Blutkörperchenzählungen an Hunden:

1. Pudel, 9 Jahre alt: 6405000.
2. Jagdhund: 6778000.

6. Blutkörperchenzählungen an Katzen:

1. 2 Monate alt: 6667000.
2. 2 Monate alt: 6684000.
3. ca. 1 Jahr alt: 7015000.

7. Blutkörperchenzählung an in St. Moritz geborenen Kaninchen:

1.	ca. 2 Monate alt	(Gewicht 720,0 g)	5949000	aus demselben Wurfe.
2.	» 2 » »	(» 705,0 »)	5893000	
3.	» 2 » »	(» 735,0 »)	6098000	
4.	» $1\frac{1}{2}$ Jahre alt	(» 3670,0 »)	6616000	
5.	» 3 Monate alt	(» 1320,0 »)	5664000	
6.	» 6 » »	(» 2014,0 »)	6112000.	

Feldhase (in St. Moritz eingefangen) ca. 2 Monate alt (Gewicht 750,0 g).

Mittel aus 6 Bestimmungen: 9981000.

Das vorliegende Zahlenmaterial beweist, dafs die eingeborenen Tiere ebenso hohe Blutkörperchenzahlen aufweisen, wie die aus der Ebene eben angekommenen.

Bei den Kaninchen wurden auch Hämoglobinbestimmungen ausgeführt. Dieselben ergaben folgende Werte:

Tier 1:	14,97 %,	auf 1 Milliarde Blutkörperch. berechn.:	2,51 cg Hämogl.
» 2:	14,86 »,	» 1 » » »	2,51 » »
» 3:	15,02 »,	» 1 » » »	2,48 » »
» 4:	15,57 »,	» 1 » » »	2,35 » »
» 5:	15,65 »,	» 1 » » »	2,76 » »
» 6:	15,24 »,	» 1 » » »	2,49 » »
Feldhase:	24,98 %,	auf 1 Milliarde Blutkörp. berechn.:	2,50 cg »

Vergleicht man diese Zahlen mit den bei den von Basel nach St. Moritz verbrachten Kaninchen gefundenen, so findet man, dafs dieselben etwas gröfser sind. Irgend welche Schlüsse lassen sich bei dem kleinen Material aus den vorliegenden Zahlen nicht ziehen. Der Einwand, dafs lediglich Rassenverschiedenheiten die Ursache der genannten Differenzen sein könnten, läfst sich nicht von der Hand weisen.

Hämoglobinbestimmungen im Gesamtblut.

Die im vorigen Abschnitte mitgeteilten Resultate lassen es unentschieden, ob die beobachteten Veränderungen in der Zahl der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins sich auf den Gesamtbestand an diesen Bestandteilen beziehen, oder ob dieselben nur als relative aufzufassen sind[1]). Entscheidend konnten nur Bestimmungen des Gesamthämoglobins des ganzen Tierkörpers sein.

I. Methode.

Die Bestimmung des Gesamthämoglobins erfolgte nach genau derselben Methode, nach welcher ich bei meinen Versuchen über die Assimilation des Eisens[2]) gearbeitet hatte. Ich verweise auf die dort gegebene eingehende Beschreibung der Methode. Hervorheben möchte ich noch, dafs sowohl bei den Kaninchen als bei den Ratten das Darmblut bei der Bestimmung berücksichtigt wurde.

Die weiter unten mitgeteilten Hämoglobinwerte sind durchweg aus dem Mittel je zweier Einzelbestimmungen gewonnen. Zur Kontrolle der Exaktheit der Methode wurden die Bestimmungen oft nach zwei verschiedenen Normallösungen ausgeführt. Die Übereinstimmung dieser Einzelresultate unter einander war stets eine sehr gute.

II. Versuche.

Die Bestimmungen des Gesamthämoglobins wurden an Kaninchen und Ratten verschiedenen Alters ausgeführt. Der Versuchsplan, dessen Grundzüge bereits in der Einleitung zu dieser Arbeit angeführt sind, war folgender. Ein Teil der nach St. Moritz

---

1) Vergl. u. a. A. Andreesen, Über die Ursachen der Schwankungen im Verhältnis der roten Blutkörperchen zum Plasma. In.-Dissert. Dorpat 1883. — J. Cohnheim und N. Zuntz, Untersuchungen über den Flüssigkeits-Austausch zwischen Blut und Geweben unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Bedingungen. Archiv f. d. gesamte Physiol. 1888, Bd. 42 S. 303. — Vergl. auch Zuntz und Schumburg, Studien zu einer Physiologie des Marsches. 1901, S. 99. — Ferner A. Breitenstein, Beiträge zur Kenntnis der Wirkung kühler Bäder auf den Kreislauf Gesunder und Fieberkranker. Archiv f. experiment. Pathol. und Pharmak. 1896, Bd. 37 S. 253.

2) a. a. O. S. 197 u. f.

verbrachten Tiere wurde in St. Moritz selbst getötet und an Ort und Stelle das Gesamthämoglobin bestimmt. Der andere Teil der Versuchstiere wurde nach Basel übergeführt und hier getötet und verarbeitet. Die Einwirkung des Höhenklimas dauerte im Minimum 4 Wochen, im Maximum $8^1/_2$ Wochen.

Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über den Bestand des Versuchsmateriales:

Sendung I: Ankunft in St. Moritz: 15. VIII.

Dieselbe bestand aus:

a) Kaninchen: Wurf II (4 Tiere), Wurf III (3), Wurf IV (3), Wurf V (3), VI (4), VII (4), VIII (4), IX (4), X (5) und Wurf XI (4).

b) Ratten: Wurf I (4 Tiere), Wurf II (4), Wurf III (7), Wurf IV (6), Wurf V (6), Wurf VI (5).

Sendung II: Ankunft in St. Moritz: 3. IX.

Dieselbe umfaſste:

a) Kaninchen: Wurf I (2 Tiere), Wurf XII (6), XIII (8), XIV (4), XV (4).

b) Ratten: Wurf VII (5 Tiere), Wurf VIII (8), IX (5), X (4).

In St. Moritz geborene Tiere[2]):

a) Kaninchen: Wurf XVI (8 Tiere), Wurf XVII (9), XVIII (7).

b) Ratten: Wurf XI (11 Tiere), Wurf XII (10), XIII (9), XIV (8), XV (9), XVI (8), XVII (9), XVIII (10), XIX (8).

Alles weitere ergibt sich aus den folgenden Tabellen. Die in denselben unter dem Titel »St. Moritz« angeführten Tiere wurden in St. Moritz getötet und daselbst das Hämoglobin bestimmt. »St. Moritz-Basel I« bedeutet, daſs die hier eingereihten Tiere, nachdem sie am 23. IX. nach Basel übergeführt worden waren, daselbst getötet und verarbeitet wurden. Unter »St. Moritz-Basel II« sind diejenigen Tiere aufgeführt, welche der am 14. Oktober von St. Moritz abgeschickten Sendung angehörten. Unter »Basel« endlich sind diejenigen Tiere zusammengefaſst, welche in Basel verblieben.

1) Dieselben wurden von den von Basel mitgebrachten Versuchstieren geworfen und aufgezogen.

I. Versuche an Kaninchen.

Wurf I. Datum der Geburt: 2. I. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
St. Moritz—Basel II.							
4	♀	17. X. 1901	3025,0	617,5	2407,5	19,8506	8,24
1	♀	20. » »	2470,0	633,5	1836,5	14,0655	7,65
Basel.							
2	♀	8. X. 1901	2550,0	698,0	1852,0	13,8731	7,49
3	♀	9. » »	3220,0	834,0	2386,0	16,1725	6,77

Zahlenbelege.

Zur kolorimetrischen Bestimmung wurde eine Lösung reiner Pferdebluthämoglobinkrystalle [1]) verwendet.

Normallösung XX enthielt in 20 cm:

a) 0,1094 g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.
b) 0,1097 » » » » »

Im Mittel: **0,1096** g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.

Normallösung XXIII enthielt in 20 cm:

a) 0,1015 g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.
b) 0,1010 » » » » »

Im Mittel: **0,1012** g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.

Kaninchen 2: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 1852,0 g. Volumen des kolierten Extraktes: 4000,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XX mit a) 2,9, b) 2,9 ccm Wasser verdünnt, zeigten dieselbe Farbenintensität, wie das filtrierte Extrakt. Daraus berechnet: 13,8731 g absolute Hämoglobinmenge und 7,49 p. M. des Körpergewichtes.

Kaninchen 3: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 2386,0 g. Volumen des kolierten Extraktes: 4840,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XX mit a) 3,2, b) 3,2 ccm Wasser verdünnt, zeigten dieselbe Farbenintensität, wie das filtrierte Extrakt. Daraus berechnet: 16,1725 g absolute Hämoglobinmenge und 6,77 p. M. des Körpergewichtes.

Kaninchen 1: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 1836,5 g. Volumen des kolierten Extraktes: 4670,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XXIII mit a) 3,4, b) 3,4 ccm Wasser verdünnt, ergaben dieselbe Farbenintensität, wie das filtrierte Extrakt. Daraus berechnet: 14,0655 g absolute Hämoglobinmenge und 7,65 p. M. des Körpergewichtes.

1) Dreimal umkrystallisiert.

Kaninchen 4: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 2407,5 g. Volumen des kolierten Extraktes 5100,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XXIII mit a) 1,5, b) 1,5 ccm Wasser verdünnt, zeigte dieselbe Farbenintensität, wie das filtrierte Extrakt. Daraus berechnet: 19,8506 g absolute Hämoglobinmenge und 8,24 p. M. des Körpergewichtes.

Wurf II. Datum der Geburt: 6. I. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
2	♀	14. IX. 1901	2840,0	667,0	2173,0	17,7547	8,17
6	♀	17. » »	3112,0	915,0	2197,0	18,5781	8,45
		St. Moritz—Basel I.					
1	♀	25. IX. 1901	2810,0	907,5	1902,5	14,0984	7,41
7	♀	29. » »	3050,0	950,0	2100,0	16,8422	8,02
		Basel.					
4	♂	25. IX. 1901	3110,0	858,0	2252,0	18,0763	8,02
3	♂	3. X. »	3135,0	976,0	2159,0	16,7112	7,74
5	♀	4. » »	2970,0	896,0	2074,0	13,8780	6,69

Wurf III. Datum der Geburt: 29. I. 1901.

		St. Moritz.					
4	♂	12. IX. 1901	1928,0	495,0	1433,0	12,4718	8,70
1	♀	15. » »	2641,0	765,0	1876,0	17,6888	9,42
		St. Moritz—Basel I.					
5	♀	27. IX. 1901	2445,0	796,0	1649,0	14,8398	8,99
		Basel.					
3	♂	26. IX. 1901	2715,0	835,0	1880,0	14,0849	7,49
2	♀	3. X. »	3040,0	810,0	2230,0	19,2133	8,61

Wurf IV. Datum der Geburt: 15. III. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
4	♀	12. IX. 1901	2715,0	779,0	1936,0	15,7125	8,11
6	♂	14. » »	2609,0	762,0	1847,0	18,3417	9,93
			St. Moritz—Basel I.				
1	♂	28. IX. 1901	2175,0	551,5	1623,5	13,4194	8,26
			Basel.				
5	♀	26. IX. 1901	3250,0	854,5	2395,5	20,1390	8,40
2	♂	2. X. »	2955,0	951,5	2003,5	16,7200	8,34
3	♀	4. » »	2565,0	837,0	1728,0	11,6816	6,75

Wurf V. Datum der Geburt: 16. III. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
2	♂	14. IX. 1901	2900,0	899,0	2001,0	16,4182	8,25
6	♀	16. » »	2874,5	873,5	2001,0	16,2112	8,10
			St. Moritz—Basel I.				
3	♀	27. IX. 1901	3235,0	1110,0	2125,0	18,4929	8,70
			Basel.				
5	♂	30. IX. 1901	2975,0	806,0	2169,0	16,2296	7,48
1	♂	2. X. »	2895,0	932,0	1963,0	15,4540	7,87
4	♀	8. » »	2685,0	773,0	1912,0	14,3370	7,49

Wurf VI. Datum der Geburt: 7. IV. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
2	♀	12. IX. 1901	2175,0	591,0	1584,0	17,9568	11,33
4	♂	16. » »	2170,0	699,0	1471,0	13,4531	9,14
			St. Moritz—Basel I.				
3	♀	29. IX. 1901	2855,0	792,0	2063,0	16,5741	8,03
6	♂	1. X. »	3040,0	902,0	2138,0	18,9442	8,86
			Basel.				
5	♂	29. IX. 1901	3025,0	941,0	2084,0	18,8087	9,02
1	♀	9. X. »	2795,0	776,5	2018,5	18,3210	9,07

Wurf VII. Datum der Geburt: 12. IV. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
7	♀	12. IX. 1901	2120,0	604,0	1516,0	13,2218	8,72
3	♂	16. » »	2120,0	590,0	1530,0	12,7009	8,30
		St. Moritz—Basel I.					
6	♀	8. X. 1901	2545,0	774,5	1770,5	12,8706	7,27
		Basel.					
8	♂	30. IX. 1901	2720,0	765,0	1955,0	13,9681	7,14
4	♀	2. X. »	3060,0	837,0	2223,0	19,3726	8,71
5	♀	8. » »	2325,0	636,5	1688,5	11,4646	6,79
2	♂	8. » »	2745,0	756,5	1988,5	15,8426	7,96
		St. Moritz—Basel II.					
1	♂	17. X. 1901	2715,0	712,0	2003,0	18,9426	9,45

Wurf VIII. Datum der Geburt: 24. IV. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♀	16. IX. 1901	2457,0	686,0	1771,0	13,8406	7,81
7	♂	18. » »	2615,0	715,0	1900,0	14,1298	7,43
		Basel.					
6	♂	27. IX. 1901	2452,0	696,0	1756,0	12,9998	7,40
2	♂	1. X. »	2645,0	794,5	1850,5	12,7725	6,90
5	♀	5. » »	2590,0	748,0	1842,0	11,9005	6,46
		St. Moritz—Basel II.					
3	♀	16. X. 1901	2950,0	747,0	2203,0	16,3976	7,44
4	♂	20. » »	2715,0	778,5	1936,5	16,9765	8,76

Wurf IX. Datum der Geburt: 4. VI. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
6	♂	12. IX. 1901	1620,0	425,0	1195,0	11,1800	9,35
5	♂	17. » »	2215,0	712,5	1502,5	14,3774	9,56
			St. Moritz — Basel I.				
1	♀	29. IX. 1901	2705,0	854,5	1850,5	13,3994	7,24
7	♂	29. » »	2514,0	714,0	1800,0	14,1112	7,83
			Basel.				
3	♂	26. IX. 1901	1975,0	602,0	1373,0	9,8619	7,18
2	♂	3. X. »	2525,0	740,0	1785,0	13,0881	7,33
4	♀	5. » »	2495,0	739,0	1756,0	11,6575	6,63

Wurf X. Datum der Geburt: 23. VI. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
2	♀	12. IX. 1901	1200,0	392,0	808,0	8,0804	10,00
			St. Moritz — Basel I.				
4	♀	10. X. 1901	1970,0	646,5	1323,5	10,0178	7,57
1	♂	12. » »	1995,0	596,0	1399,0	10,8706	7,77
			Basel.				
3	♀	26. IX. 1901	1455,0	497,0	958,0	7,0307	7,33
6	♂	3. X. »	1855,0	625,0	1230,0	9,0179	7,33
9	♀	11. » »	1945,0	762,0	1183,0	8,4573	7,15
7	♀	12. » »	1825,0	611,0	1214,0	9,3825	7,72
10	♂	12. » »	1874,0	774,0	1100,0	8,0048	7,27
			St. Moritz — Basel II.				
5	♀	16. X. 1901	1805,0	550,0	1255,0	10,0170	7,98
8	♂	19. » »	1895,0	683,0	1212,0	11,6196	9,59

Wurf XI. Datum der Geburt: 25. VI. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
1	♀	15. IX. 1901	1649,0	415,0	1234,0	10,8461	8,79
2	♂	16. » »	1710,0	498,0	1212,0	11,2462	9,28
			St. Moritz — Basel I.				
3	♀	29. IX. 1901	1814,5	571,0	1243,5	10,9121	8,77
			Basel.				
6	♀	1. X. 1901	1825,0	567,0	1258,0	9,1195	7,25

Wurf XII. Datum der Geburt: 22. VII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz — Basel I.				
5	♂	10. X. 1901	1230,0	501,0	729,0	6,3968	8,77
2	♀	13. » »	1295,0	491,0	804,0	6,4247	7,99
3	♂	13. » »	1380,0	536,5	843,5	6,9588	8,25
			St. Moritz — Basel II.				
1	♀	16. X. 1901	1580,0	554,5	1025,5	7,6423	7,45
4	♀	17. » »	1445,0	497,0	948,0	7,0736	7,46
6	♂	18. » »	1402,0	502,0	900,0	6,7441	7,49

Wurf XIII. Datum der Geburt: 3. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz — Basel I.				
3	♀	13. X. 1901	629,0	257,0	372,0	4,3368	11,65
4	♀	13. » »	859,0	333,5	525,5	5,2112	9,91
5	♂	14. » »	1280,0	476,5	803,5	6,7971	8,45
6	♀	14. » »	795,0	290,5	504,5	5,4397	10,78
			St. Moritz — Basel II.				
1	♀	16. X. 1901	825,0	288,5	536,5	5,7073	10,64
7	♀	17. » »	915,0	320,0	595,0	5,9512	10,00
2	♀	17. » »	1020,0	342,0	678,0	7,3237	10,80
8	♂	19. » »	1040,0	381,0	659,0	6,4869	9,84

Wurf XIV. Datum der Geburt: 5. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♀	17. IX. 1901	400,0	153,0	247,0	2,9435	11,91
4	♂	18. » »	563,0	163,0	400,0	4,1122	10,28
		Basel.					
3	♂	26. IX. 1901	678,0	216,5	461,5	3,8876	8,42
1	♀	1. X. »	489,0	160,5	328,5	2,7468	8,36
2	♂	1. » »	518,5	169,5	349,0	3,4387	9,85
4	♀	15. » »	864,0	263,5	600,5	5,1219	8,53
		St. Moritz—Basel II.					
2	♀	17. X. 1901	955,0	308,0	647,0	5,7752	8,92
3	♀	20. » »	726,0	192,0	534,0	4,5662	8,55

Wurf XV. Datum der Geburt: 7. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♀	17. IX. 1901	396,0	86,0	310,0	2,9120	9,39
2	♀	17. » »	336,0	103,0	233,0	2,8688	12,31
4	♂	18. » »	412,0	136,0	276,0	3,0120	10,91
		Basel.					
1	♀	26. IX. 1901	449,0	160,0	289,0	2,2448	7,76
3	♂	26. » »	507,0	187,0	320,0	2,9323	9,15
2	♀	10. X. »	684,5	210,0	474,5	3,9923	8,41
4	♂	10. » »	640,5	217,5	423,0	3,1675	7,48
		St. Moritz—Basel II.					
3	♀	16. X. 1901	778,5	326,0	452,5	5,3720	11,87

Wurf XVI. Datum der Geburt: 17. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♂	16. IX. 1901	518,0	218,0	300,0	3,6210	12,07
2	♀	16. » »	485,0	165,0	320,0	3,8422	12,00
3	♀	16. » »	482,5	172,0	310,5	3,7102	11,94
4	♀	16. » »	476,5	176,0	300,5	3,4844	11,59
5	♂	16. » »	512,0	192,0	320,0	3,4251	10,70
6	♀	16. » »	436,0	166,0	270,0	3,0157	11,16
7	♀	16. » »	487,0	197,0	290,0	2,9101	10,03
8	♂	16. » »	516,5	199,5	317,0	3,8445	12,12

Wurf XVII. Datum der Geburt: 18. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♀	17. IX. 1901	442,0	166,0	276,0	2,8442	10,30
2	♀	17. » »	415,5	145,0	270,5	2,8884	10,67
3	♀	17. » »	412,0	155,5	256,5	2,7748	10,81
4	♂	17. » »	456,0	160,0	296,0	3,2844	11,09
5	♂	17. » »	478,0	160,0	318,0	3,4225	10,75
6	♂	18. » »	458,0	156,0	302,0	3,4486	11,41
7	♂	18. » »	477,5	158,0	319,5	3,3896	10,60
8	♀	18. » »	463,0	140,0	323,0	3,4554	10,69
9	♂	18. » »	432,5	110,0	322,5	3,2812	10,17

Wurf XVIII. Datum der Geburt: 18. VIII. 1901.

St. Moritz.

1	♂	17. IX. 1901	444,0	144,0	300,0	3,6289	12,09
2	♂	17. » »	462,0	142,0	320,0	3,4612	10,81
3	♀	17. » »	414,5	136,0	278,5	2,9876	10,72
4	♀	17. » »	436,0	146,0	290,0	3,1244	10,77
5	♂	18. » »	452,0	172,0	280,0	3,2142	11,47
6	♀	18. » »	412,0	166,0	246,0	2,6648	10,83
7	♂	18. » »	416,0	156,0	260,0	2,6112	10,04

Wurf XIX. Datum der Geburt: 10. IX. 1901.

Basel.

1	♀	10. X. 1901	510,0	209,5	300,5	3,5444	11,79
2	♀	23. » »	695,5	290,5	405,0	3,9750	9,81
3	♀	23. » »	514,0	219,0	295,0	2,9066	9,85
4	♀	23. » »	548,0	210,5	337,5	3,2063	9,50
5	♂	23. » »	492,5	202,0	290,5	2,8314	9,74
6	♂	23. » »	614,0	217,0	397,0	4,0529	10,20
7	♂	24. » »	654,0	246,0	408,0	4,0286	9,87
8	♂	24. » »	632,5	262,5	370,0	3,7001	10,00
9	♀	24. » »	392,0	161,5	230,5	2,4112	10,46
10	♀	24. » »	499,5	178,0	321,5	3,1986	9,94
11	♂	24. » »	557,0	206,0	351,0	3,5212	10,03

Wurf XX. Datum der Geburt: 13. IX. 1901.

Nummer des Versuchs-tieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			Basel.				
1	♀	10. X. 1901	561,0	220,5	340,5	3,9884	11,71
3	♀	23. » »	535,0	200,5	334,5	3,1286	9,35
2	♀	23. » »	525,0	215,5	309,5	3,1542	10,19
4	♂	24. » »	590,0	235,5	354,5	3,6112	10,18
5	♀	24. » »	602,0	228,0	374,0	3,7412	10,00
6	♂	24. » »	573,0	227,5	345,5	3,5186	10,18
7	♀	24. » »	525,5	187,5	338,0	3,3912	10,03
8	♂	24. » »	551,5	223,0	328,5	3,2849	9,99

II. Versuche an Ratten.

Wurf I. Datum der Geburt: 15. I. 1901.

Nummer des Versuchs-tieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
1	♀	13. IX. 1901	195,0	37,0	158,0	1,6715	10,58
2	♀	17. » »	149,0	34,5	114,5	1,2808	11,18
3	♂	18. » »	225,0	40,0	185,0	2,0584	11,12
4	♂	18. » »	195,0	36,0	159,0	1,6682	10,48
			Basel.				
1	♀	25. IX. 1901	241,5	50,0	191,5	2,1043	10,98
2	♀	25. » »	192,0	32,0	160,0	1,5657	9,78
3	♂	27. » »	146,0	31,5	114,5	1,1498	10,04
4	♂	29. » »	194,0	37,0	157,0	1,5638	9,96

Zahlenbelege.

Zur kolorimetrischen Bestimmung wurde eine Lösung reiner Pferdeblut-hämoglobinkristalle verwendet.

20 ccm der Normallösung VI gaben:

a) 0,1154 g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.
b) 0,1150 » » » » » »

Im Mittel: **0,1152** g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.

20 ccm der Normallösung VII gaben:

a) 0,1877 g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.
b) 0,1875 » » » » » »

Im Mittel: **0,1876** g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.

20 ccm der Normallösung XI gaben:

a)	0,2192 g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.
b)	0,2192 „ » » » » »
Im Mittel:	**0,2192** g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.

20 ccm der Normallösung XIII gaben;

a)	0,1378 g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.
b)	0,1382 » » » » » »
Im Mittel:	**0,1380** g bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin.

a) In St. Moritz getötete Ratten.

Ratte 1: Körpergewicht nach Abzug von Fell und Darm, 158,0 g. Volumen des kolierten Extraktes: 830,0 ccm. 5 ccm der Normallösung VI, mit 9,3 ccm Wasser verdünnt, zeigten dieselbe Farbenintensität wie das filtrierte Extrakt. Daraus berechnet 1,6715 g absolute Hämoglobinmenge und 10,58 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte 2: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 114,5 g. Volumen des kolierten Extraktes 590,0 ccm. 5 ccm der Normallösung VII mit 16,6 ccm Wasser verdünnt. Absolutes Hämoglobin 1,2808 g, 11,18 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte 3: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 185,0 g. Volumen des kolierten Extraktes 877,8 ccm. 5 ccm der Normallösung VII mit 15 ccm Wasser verdünnt. Absolutes Hämoglobin 2,0584 g, 11,12 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte 4: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 159,0 g. Volumen des kolierten Extraktes 715,0 ccm. 5 ccm der Normallösung VII mit 15,1 ccm Wasser verdünnt. Absolutes Hämoglobin 1,6682 g, 10,48 p. M. des Körpergewichtes.

b) In Basel verbliebene Tiere.

Ratte 1: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 191,5 g. Volumen des kolierten Extraktes 768,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XI verdünnt mit 15,0 ccm Wasser. Absolutes Hämoglobin 2,1043 g, 10,98 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte 2: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 160,0 g. Volumen des kolierten Extraktes 680,0 ccm, 5 ccm der Normallösung XI verdünnt mit 18,8 ccm Wasser. Absolutes Hämoglobin 1,5657 g, 9,78 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte 3: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 114,5 g. Volumen des kolierten Extraktes 500,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XIII verdünnt mit 10,0 ccm Wasser. Absolutes Hämoglobin 1,1498 g, 10,04 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte 4: Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm, 157,0 g. Volumen des kolierten Extraktes 680,0 ccm. 5 ccm der Normallösung XIII verdünnt mit 10,0 ccm Wasser. Absolutes Hämoglobin 1,5638 g, 9,96 p. M. des Körpergewichtes.

Wurf II. Datum der Geburt: 10. II. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♀	13. IX. 1901	252,0	56,0	196,0	1,8463	9,42
2	♂	15. » »	263,0	61,0	202,0	1,8450	9,13
3	♂	16. » »	245,0	51,0	194,0	1,9501	10,05
4	♀	17. » »	250,0	50,0	200,0	1,9942	9,97
		Basel.					
2	♀	25. IX. 1901	280,5	61,5	219,0	1,8758	8,56
4	♂	26. » »	238,0	48,0	190,0	1,7468	9,19
3	♂	27. » »	249,5	49,5	200,0	1,8426	9,21
1	♀	8. X. »	183,5	51,0	132,5	1,3209	9,97

Wurf III. Datum der Geburt: 19. V. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
4	♂	13. IX. 1901	136,0	30,0	106,0	1,1312	10,67
5	♂	15. » »	152,0	31,5	120,5	1,2151	10,08
		St. Moritz—Basel I.					
3	♀	25. IX. 1901	141,0	31,5	109,5	1,0642	9,71
2	♂	25. » »	168,5	36,5	132,0	1,2642	9,57
7	♀	26. » »	202,0	40,0	162,0	1,5998	9,87
		Basel.					
5	♂	25. IX. 1901	168,0	40,0	128,0	1,0912	8,52
2	♀	25. » »	193,0	39,5	153,5	1,2794	8,33
1	♂	25. » »	188,5	36,5	152,0	1,2890	8,48
3	♂	29. » »	205,0	45,5	159,5	1,2906	8,09
4	♂	29. » »	191,5	43,0	148,5	1,2708	8,55
		St. Moritz—Basel II.					
1	♀	19. X. 1901	169,5	43,5	126,0	1,4312	11,35
6	♀	19. » »	199,0	49,0	150,0	1,4899	9,93

Wurf IV. Datum der Geburt: 8. VI. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
			St. Moritz.				
4	♂	13. IX. 1901	128,0	34,0	94,0	1,0609	11,28
5	♀	15. » »	156,0	46,0	110,0	1,1134	10,12
6	♀	16. » »	161,0	40,5	120,5	1,2102	10,04
			St. Moritz—Basel I.				
1	♂	26. IX. 1901	151,5	35,0	116,5	1,1960	10,26
3	♂	29. » »	118,0	29,0	89,0	0,8259	9,27
2	♀	10. X. »	153,5	43,0	110,0	1,1579	10,52
			Basel.				
1	♂	29. IX. 1901	170,0	40,0	130,0	1,1778	9,06
2	♀	29. » »	157,0	36,5	120,5	1,0508	8,72
3	♂	29. » »	115,0	39,5	75,5	0,6999	9,27
4	♀	22. X. »	175,5	37,5	138,0	1,1683	8,46
			Wurf V. Datum der Geburt: 24. VI. 1901.				
			St. Moritz—Basel I.				
3	♀	28. IX. 1901	208,0	58,0	150,0	1,2216	8,14
2	♀	10. X. »	194,5	51,5	143,0	1,4883	10,40
6	♂	12. » »	209,5	49,5	160,0	1,5868	9,91
			Basel.				
5	♂	29. IX. 1901	198,5	49,0	149,5	1,1540	7,71
2	♂	8. X. »	209,5	51,0	158,5	1,2277	7,74
3	♂	8. » »	220,0	54,5	165,5	1,3853	8,37
4	♂	8. » »	221,5	41,5	180,0	1,4343	7,96
			St. Moritz—Basel II.				
4	♂	18. X. 1901	204,0	45,5	158,5	1,4840	9,36
1	♂	19. » »	201,0	40,0	161,0	1,6606	10,31
5	♀	20. » »	196,0	42,5	153,5	1,3871	9,03

Wurf VI. Datum der Geburt: 25. VII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
2	♀	13. IX. 1901	67,0	23,0	44,0	0,5808	13,20
3	♂	15. » »	60,0	14,5	45,5	0,5320	11,69
5	♀	18. » »	73,0	23,0	50,0	0,5510	11,02
		St. Moritz—Basel I.					
1	♂	28. IX. 1901	111,5	28,0	83,5	0,8393	10,05
4	♂	29. » »	129,5	33,5	96,0	0,8234	8,57
		Basel.					
1	♂	25. IX. 1901	78,5	25,0	53,5	0,4514	8,43
2	♀	25. » »	75,0	18,0	57,0	0,4570	8,02
3	♀	28. » »	131,0	30,5	100,5	0,8551	8,50
4	♂	28. » »	137,0	31,5	105,5	0,8528	8,08
5	♂	29. » »	128,5	27,5	101,0	0,8088	8,00

Wurf VII. Datum der Geburt: 10. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz—Basel I.					
3	♀	11. X. 1901	114,0	33,0	81,0	0,7743	9,56
5	♀	11. » »	152,5	37,5	115,0	0,9603	8,35
7	♂	11. » »	175,5	44,5	131,0	1,3246	10,11
9	♂	22. » »	202,0	50,0	152,0	1,3763	9,05
1	♀	22. » »	150,0	41,5	108,5	1,0268	9,46
		St. Moritz—Basel II.					
6	♀	16. X. 1901	161,5	31,0	130,5	1,2701	9,73
8	♂	16. » »	164,5	40,5	124,0	1,1981	9,66
4	♂	17. » »	178,0	50,5	127,5	1,3236	10,39
10	♀	19. » »	205,0	45,0	160,0	1,6006	10,00
2	♀	22. » »	126,5	36,0	90,5	0,8998	9,93

Wurf VIII. Datum der Geburt: 11. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz—Basel I.					
5	♂	11. X. 1901	180,0	48,5	131,5	1,2741	9,69
3	♂	12. » »	165,0	42,5	122,5	1,0952	8,94
1	♀	21. » »	159,0	42,5	116,5	1,0999	9,44
4	♂	22. » »	149,5	45,5	104,0	0,9622	9,25
		St. Moritz—Basel II.					
2	♂	16. X. 1901	171,0	45,5	125,5	1,2890	10,27
8	♂	16. » »	170,0	47,0	123,0	1,2031	9,78
6	♂	17. » »	178,0	48,0	130,0	1,2849	9,88
7	♂	17. » »	172,0	49,0	123,0	1,2558	10,21
		Wurf IX. Datum der Geburt: 7. VIII. 1901.					
		St. Moritz—Basel II.					
1	♀	16. X. 1901	132,5	37,5	95,0	0,8521	8,97
3	♀	17. » »	131,5	34,0	97,5	0,9504	9,74
2	♂	19. » »	192,0	51,5	140,5	1,2776	9,09
4	♂	20. » »	176,0	47,0	129,0	1,2847	9,95
5	♀	21. » »	138,0	35,5	102,5	1,0473	10,21
		Basel.					
2	♂	13. X. 1901	121,0	32,0	89,0	0,8667	9,73
3	♀	13. » »	108,5	29,5	79,0	0,8412	10,64
4	♀	22. » »	117,5	26,5	91,0	0,7428	8,16
1	♂	22. » »	136,5	34,5	102,0	1,0117	9,91
5	♀	22. » »	146,5	45,5	101,0	0,9112	9,02
		Wurf X. Datum der Geburt: 12. VIII. 1901.					
		St. Moritz—Basel II.					
4	♂	17. X. 1901	126,5	36,5	90,0	0,8896	9,88
2	♂	17. » »	93,5	27,0	66,5	0,6780	10,19
3	♂	20. » »	107,9	31,5	76,4	0,6999	9,16
1	♀	21. » »	156,0	35,0	121,0	0,9996	8,26
		Basel.					
3	♂	13. X. 1901	117,0	33,5	83,5	0,8659	10,37
2	♀	13. » »	69,5	20,5	49,0	0,5064	10,33
1	♀	22. » »	121,5	34,0	87,5	0,7054	8,06
4	♂	22. » »	136,0	34,0	102,0	0,8179	8,01

Wurf XI. Datum der Geburt: 16. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♂	17. IX. 1901	26,5	6,1	20,4	0,2047	10,03
2	♀	17. » »	33,0	9,0	24,0	0,2481	10,33
		St. Moritz—Basel I.					
3	♀	26. IX. 1901	45,5	12,5	33,0	0,2846	8,62
4	♂	12. X. »	92,0	24,0	68,0	0,5356	7,87
5	♂	12. » »	90,5	25,0	65,5	0,6392	9,75
6	♂	12. » »	85,5	21,5	64,0	0,5777	9,02
		St. Moritz—Basel II.					
1	♂	16. X. 1901	98,5	29,5	69,0	0,7102	10,29
2	♀	18. » »	103,5	28,5	75,0	0,8829	11,77
3	♂	20. » »	106,0	32,0	74,0	0,8058	10,88
4	♂	20. » »	104,5	30,5	74,0	0,7106	9,60
5	♀	20. » »	102,0	32,0	70,0	0,7778	11,11

Wurf XII. Datum der Geburt: 16. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz—Basel I.					
1	♂	10. X. 1901	85,5	25,5	60,0	0,5642	9,40
2	♀	12. » »	86,0	26,0	60,0	0,5664	9,44
3	♂	14. » »	90,5	26,0	64,5	0,5943	9,21
4	♂	18. » »	99,0	24,0	75,0	0,6947	9,26
5	♂	20. » »	100,0	30,0	70,0	0,6301	9,00
		St. Moritz—Basel II.					
1	♀	16. X. 1901	95,5	25,0	70,5	0,7112	10,08
2	♀	17. » »	92,0	26,0	66,0	0,6742	10,21
3	♂	18. » »	96,5	26,5	70,0	0,6999	9,99
4	♂	20. » »	107,5	27,5	80,0	0,7198	8,99
5	♂	21. » »	109,5	30,0	79,5	0,8005	10,06

Wurf XIII. Datum der Geburt: 17. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht – Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier – Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz—Basel I.					
1	♂	12. X. 1901	70,5	20,5	50,0	0,4955	9,91
2	♀	13. » »	70,5	21,0	49,5	0,4952	10,00
3	♂	17. » »	82,4	22,0	60,4	0,5884	9,74
4	♀	18. » »	83,5	23,0	60,5	0,5998	9,91
5	♀	20. » »	90,0	25,0	65,0	0,6428	9,88
		St. Moritz—Basel II.					
1	♂	17. X. 1901	79,5	23,5	56,0	0,5842	10,43
2	♂	18. » »	83,5	23,5	60,0	0,6644	11,07
3	♀	20. » »	91,0	26,0	65,0	0,6482	9,97
4	♀	22. » »	92,5	25,5	67,0	0,6849	10,22

Wurf XIV. Datum der Geburt: 19. VIII. 1900.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht – Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier – Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz—Basel I.					
1	♂	20. X. 1901	64,5	18,5	46,0	0,4468	9,71
2	♀	21. » »	68,5	18,5	50,0	0,4286	8,57
3	♂	22. » »	68,0	18,0	50,0	0,4862	9,72
4	♀	22. » »	62,5	14,5	48,0	0,4810	10,02
		St. Moritz—Basel II.					
1	♀	17. X. 1901	69,5	19,0	50,5	0,5102	10,10
2	♀	17. » »	64,5	14,0	50,5	0,4992	9,88
3	♀	20. » »	64,0	17,0	47,0	0,4694	9,98
4	♂	20. » »	67,2	15,0	52,2	0,5312	10,17

Wurf XV. Datum der Geburt: 1. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht – Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier – Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz—Basel I.					
1	♀	14. X. 1901	76,5	23,0	53,5	0,5212	9,74
2	♀	14. » »	78,0	23,0	55,0	0,5740	10,43
4	♂	22. » »	129,5	25,5	104,0	0,9622	9,25
3	♀	22. » »	102,0	28,0	74,0	0,7084	9,57
		St. Moritz—Basel II.					
1	♀	20. X. 1901	78,0	23,0	55,0	0,6276	11,41
2	♂	20. » »	89,0	24,0	65,0	0,6325	9,73
3	♂	20. » »	90,5	27,5	63,0	0,6036	9,58
4	♀	20. » »	98,0	29,5	68,5	0,7433	10,85
5	♀	21. » »	89,0	24,5	64,5	0,6210	9,62

Wurf XVI. Datum der Geburt: 4. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz — Basel I.					
1	♂	14. X. 1901	63,0	15,5	47,5	0,4895	10,30
2	♀	14. » »	70,0	17,5	52,5	0,5767	10,98
3	♂	22. » »	81,5	24,5	57,0	0,5984	10,49
4	♂	22. » »	91,5	22,5	69,0	0,6401	9,27
		St. Moritz — Basel II.					
1	♀	16. X. 1901	64,5	22,5	42,0	0,4573	10,88
2	♀	17. » »	65,5	21,5	44,0	0,4496	10,21
3	♂	19. » »	83,5	23,5	60,0	0,6948	11,58
4	♂	20. » »	89,5	26,5	63,0	0,6666	10,58

Wurf XVII. Datum der Geburt: 14. VIII. 1901.

St. Moritz.

Nummer	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins	Hämoglobin pro 1000 g
1	♂	17. IX. 1901	40,5	10,5	30,0	0,3312	11,04
2	♀	17. » »	41,0	11,0	30,0	0,3345	11,15
3	♀	17. » »	40,0	11,0	29,0	0,3328	11,47
4	♂	17. » »	41,5	11,5	30,0	0,3041	10,13
5	♂	17. » »	43,4	12,0	31,4	0,3482	11,08
6	♂	17. » »	36,0	12,0	24,0	0,2714	11,30
7	♂	17. » »	42,5	12,0	30,5	0,3458	11,33
8	♂	17. » »	34,5	11,5	23,0	0,2811	12,22
9	♀	17. » »	32,0	12,0	20,0	0,2098	10,49

Wurf XVIII. Datum der Geburt: 14. VIII. 1901.

St. Moritz.

Nummer	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins	Hämoglobin pro 1000 g
1	♂	18. IX. 1901	44,0	12,0	32,0	0,3291	10,28
2	♀	18. » »	42,5	12,5	30,0	0,3098	10,33
3	♂	18. » »	39,5	10,5	29,0	0,3046	10,50
4	♀	18. » »	46,5	16,0	30,5	0,3212	10,53
5	♀	18. » »	48,5	12,0	36,5	0,3945	10,80
6	♀	18. » »	36,5	12,5	24,0	0,2788	11,61
7	♀	18. » »	44,0	14,0	30,0	0,3128	10,43
8	♂	18. » »	42,0	12,0	30,0	0,3219	10,73
9	♀	18. » »	39,5	10,5	29,0	0,2998	10,33
10	♂	18. » »	40,5	10,5	30,0	0,3147	10,49

Wurf XIX. Datum der Geburt: 16. VIII. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz.					
1	♀	15. IX. 1901	54,5	14,5	40,0	0,4401	11,00
2	♂	15. » »	56,5	14,5	42,0	0,4288	10,20
3	♀	15. » »	57,0	13,0	44,0	0,4620	10,50
4	♀	15. » »	49,0	12,0	37,0	0,3989	10,78
5	♂	16. » »	48,5	11,5	37,0	0,3717	10,04
6	♂	16. » »	61,5	16,5	45,0	0,4945	10,98
7	♂	17. » »	58,0	14,0	44,0	0,4784	10,87
8	♂	17. » »	57,5	14,0	43,5	0,4569	10,50

Wurf XX. Datum der Geburt: 4. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		Basel.					
1	♀	9. X. 1901	60,5	17,0	43,5	0,4594	10,56
2	♀	9. » »	45,0	12,5	32,5	0,3548	10,91
3	♂	9. » »	52,5	13,5	39,0	0,4173	10,70
4	♀	9. » »	42,5	12,2	30,3	0,3141	10,36
5	♀	10. » »	46,5	14,0	32,5	0,3456	10,63
6	♂	10. » »	54,0	15,5	38,5	0,3869	10,04
7	♂	10. » »	46,5	12,5	34,0	0,3400	10,00
8	♀	10. » »	47,5	13,0	34,5	0,3416	9,90
9	♂	10. » »	52,0	12,0	40,0	0,4121	10,30
10	♂	10. » »	54,5	14,5	40,0	0,4186	10,46

Wurf XXI. Datum der Geburt: 10. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		Basel.					
1	♂	21. X. 1901	48,5	16,5	32,0	0,2281	7,13
2	♂	21. » »	50,5	17,5	33,0	0,2680	8,12
3	♂	21. » »	49,0	12,0	37,0	0,3734	10,09
4	♂	21. » »	56,5	20,0	36,5	0,3180	8,71
5	♂	21. » »	61,0	21,0	40,0	0,3836	9,59
6	♀	22. » »	49,5	16,5	33,0	0,3342	10,12
7	♀	22. » »	45,5	13,5	32,0	0,2668	8,33
8	♂	22. » »	45,5	13,5	32,0	0,3234	10,10
9	♀	22. » »	44,0	13,5	30,5	0,2881	9,44
10	♀	22. » »	49,0	14,5	34,5	0,3216	9,32

Wurf XXII. Datum der Geburt: 15. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		Basel.					
1	♂	20. X. 1901	44,5	14,5	30,0	0,3006	10,02
2	♂	20. » »	46,5	12,5	34,0	0,3246	9,54
3	♂	20. » »	45,5	12,5	33,0	0,3412	10,33
4	♀	20. » »	48,0	13,0	35,0	0,3627	10,36
5	♀	20. » »	51,0	16,0	35,0	0,3628	10,36
6	♂	21. » »	54,5	14,5	40,0	0,4402	11,00
7	♀	21. » »	60,0	20,5	39,5	0,4125	10,44
8	♂	22. » »	51,5	11,0	40,5	0,4186	10,33
9	♂	22. » »	59,5	13,5	46,0	0,4925	10,70

Wurf XXIII. Datum der Geburt: 11. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz — Basel I.					
1	♀	12. X. 1901	47,5	12,0	35,5	0,3504	9,87
2	♂	12. » »	43,0	11,5	31,5	0,3102	9,84
3	♀	12. » »	47,5	12,0	35,5	0,3489	9,82
4	♀	12. » »	41,0	12,5	28,5	0,2811	9,86
5	♂	12. » »	42,5	11,5	31,0	0,3098	9,99
6	♂	12. » »	48,0	12,5	35,5	0,3324	9,36
7	♀	12. » »	49,8	14,5	35,3	0,3211	9,09
8	♂	12. » »	47,0	11,5	35,5	0,3123	8,79

Wurf XXIV. Datum der Geburt: 14. IX. 1901.

Nummer des Versuchstieres	Geschlecht	Datum der Tötung	Körpergewicht nach der Tötung	Gewicht des Felles und Darmes	Körpergewicht — Fell u. Darm	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Tier — Fell u. Darm	Hämoglobin pro 1000 g Körpergewicht
		St. Moritz — Basel II.					
1	♂	16. X. 1901	36,0	11,0	25,0	0,2615	10,46
2	♀	16. » »	38,5	11,0	27,5	0,2755	10,01
3	♂	16. » »	39,5	10,0	29,5	0,3144	10,65
4	♀	16. » »	42,5	12,5	30,0	0,3011	10,04
5	♂	21. » »	46,5	10,0	36,5	0,3596	9,85
6	♂	21. » »	50,0	15,0	3[illegible],0	0,3844	10,98
7	♂	21. » »	50,5	15,5	35,0	0,3775	10,78

Die mitgeteilten Versuchsreihen zeigen eklatant, was für Schwierigkeiten die individuellen Unterschiede der Beurteilung der Versuchsresultate entgegenstellen. Trotzdem die äufseren Bedingungen — Futter, Aufenthaltsraum, Pflege etc. — in St. Moritz und Basel genau dieselben waren, und trotzdem nur Tiere aus demselben Wurf verglichen wurden, tritt die Individualität jedes einzelnen Versuchstieres deutlich hervor. Aus diesem Grunde habe ich davon abgesehen, die Resultate der einzelnen Tierversuche, in Mittelwerten ausgedrückt, in übersichtliche Tabellen hineinzuzwängen. Jeder Versuch will für sich betrachtet sein.

Vergleicht man in den vorliegenden Versuchen die absoluten Hämoglobinmengen der St. Moritzer-Tiere mit denjenigen der entsprechenden[1]) Basler-Tiere, so findet man, dafs die St. Moritzer-Tiere im allgemeinen — nicht durchweg — sowohl bei den Kaninchen als bei den Ratten höhere Werte aufweisen. Dieses Resultat tritt im allgemeinen um so prägnanter hervor, je länger der Aufenthalt in St. Moritz dauerte. Dagegen ist ein Unterschied in den entsprechenden Hämoglobinwerten zwischen den St. Moritzer- und Basler-Tieren bei den an den betreffenden Orten geborenen (5—7 Wochen alten) Kaninchen und Ratten nicht vorhanden.

Stellt man die auf 1000 g Körpergewicht berechneten Hämoglobinzahlen der St. Moritzer-Tiere denjenigen der Basler-Tiere gegenüber, so kommt man zu demselben Resultate.

Entscheidend für die Deutung der konstanten Blutkörperchenvermehrung und der damit parallelen Hämoglobinzunahme im Hochgebirge und deren ebenfalls parallel gehende Abnahme bei der Rückkehr in die Ebene war das Verhalten des Gesamthämoglobins der St. Moritzer-Tiere nach erfolgter Übersiedelung nach Basel. Wie im vorigen Abschnitte festgestellt wurde, erfahren Blutkörperchenzahl und Hämoglobin beim Übergang in die Ebene eine Abnahme, und zwar erreicht dieselbe nach 4—6 Tagen ihren tiefsten Punkt. Von den von St. Moritz nach Basel übergeführten Tieren wurden einige am 2. Tage nach der Rückkunft — also bei noch bestehender »Blutkörperchenvermehrung« — getötet,

1) d. h. der demselben Wurfe angehörenden und ungefähr zu derselben Zeit getöteten Tiere.

andere nach erfolgtem Abfall. Diese Versuche ergeben das eindeutige Resultat, daſs das Gesamthämoglobin in dieser Periode vollständig unbeeinfluſst bleibt.

Entspräche der Abnahme der Zahl der roten Blutkörperchen nach der Rückkehr in die Ebene thatsächlich eine Zerstörung von Blutkörperchen, so wäre zu erwarten[1]), daſs sich die Trümmer derselben mikrochemisch[2]) nachweisen lassen würden. Zahlreiche Versuche ergaben, daſs die Eisenreaktion in sämtlichen Geweben bei den von St. Moritz nach Basel verbrachten Tieren nicht stärker ausfiel als bei den Basler-Tieren. Der Harn der St. Moritzer-Tiere war auch nie dunkler gefärbt als derjenige der Basler-Tiere. Die nahen Beziehungen des Blutfarbstoffes zum Harnfarbstoff lieſsen bei vermehrter Hämoglobinzerstörung das Gegenteil erwarten.

Resultate.

Die zur Erklärung der Wirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes wichtigsten Resultate sind folgende:

I. Die Blutkörperchenzählungen und Hämoglobinbestimmungen im Blutstropfen ergaben:

1. Beim Übergang von einem tiefer gelegenen Orte (Basel, 266 m ü. M.) zu einem höher gelegenen (St. Moritz, 1870 m ü. M.) nehmen Zahl der roten Blutkörperchen und Hämoglobinmenge zu. Diese Steigerung vollzieht sich in wenigen Stunden.
2. Beim Übergang von einem höher gelegenen Orte (St. Moritz) zu einem tiefer gelegenen (Basel) nehmen Zahl der roten Blutkörperchen und Hämoglobinmenge ab. Diese Abnahme erfolgt allmählich.
3. Blutkörperchenzahl und Hämoglobinmenge steigen und fallen in ganz genau den gleichen Verhältnissen.

1) Vergl. H. Quinke: Zur Physiologie und Pathologie des Blutes. Deutsches Archiv f. klin. Medizin 1883, Bd. 33 S. 22.

2) Die verwendete Methode findet sich beschrieben in:
E. Abderhalden: Die Resorption des Eisens, sein Verhalten im Organismus und seine Ausscheidung. Zeitschr. f. Biol. 1900. Bd. 39 S. 121.

4. Auf die gleiche Anzahl Blutkörperchen berechnet, ergibt sich bei den St. Moritzer-Tieren im allgemeinen ein etwas höherer Hämoglobingehalt als bei den Basler-Tieren.
5. Veränderungen der roten Blutkörperchen — vermehrtes Auftreten kernhaltiger Blutkörperchen, von Mikrocyten einerseits und von »Schatten« anderseits, — welche für die eine der beiden Tiergruppen — Basler und St. Moritzer-Tiere — charakteristisch gewesen wären, wurden nicht beobachtet.

II. Die Bestimmungen des gesamten Hämoglobins im Tierkörper ergaben:

1. Im allgemeinen besafsen die St. Moritzer-Tiere etwas höhere Gesamt-Hämoglobinzahlen als die Basler-Tiere.
2. Von dem nach der Rückkehr von St. Moritz nach Basel erfolgten Abfall der Blutkörperzahl und der damit parallel gehenden Abnahme des Hämoglobins[1]) blieb das Gesamthämoglobin unbeeinflufst.

III. Die mikrochemischen Eisenreaktionen in den Geweben von Basler und St. Moritzer-Tieren ergaben:

dafs ein Unterschied im Ausfall der Reaktion zwischen den Basler-Tieren und den von St. Moritz nach Basel verbrachten Tieren nicht bestand.

Schlufsfolgerungen.

Als erste, für alle weiteren Schlufsfolgerungen grundlegende Sätze ergeben sich aus den vorliegenden Zahlenreihen und Resultaten:

1) Um Mifsverständnissen vorzubeugen, hebe ich ausdrücklich hervor, dafs unter »Hämoglobin« stets die im Blutstropfen bestimmte Hämoglobinmenge zu verstehen ist. Die absolute Hämoglobinmenge im ganzen Tierorganismus ist als »Gesamthämoglobin« aufgeführt.

1. Die beim Übergang von einem tiefer gelegenen Orte (Basel) zu einem höher gelegenen (St. Moritz) beobachtete Zunahme der Zahl der roten Blutkörperchen und der Hämoglobinmenge ist im **wesentlichen** eine **relative** und **keine absolute,** d. h. sie entspricht keiner Neubildung von roten Blutkörperchen und von Hämoglobin.
2. Die beim Übergang von einem höher gelegenen Orte (St. Moritz), zu einem tiefer gelegenen (Basel) beobachtete Abnahme der Zahl der roten Blutkörperchen und der Hämoglobinmenge ist ebenfalls eine **relative** und **keine absolute,** d. h. **der Gesamtbestand an roten Blutkörperchen und an Hämoglobin bleibt unverändert.**

Diese Sätze ergeben sich aus den mitgeteilten Resultaten. Würde den konstatierten, mit dem Ortswechsel (Basel-St. Moritz und St. Moritz-Basel) eintretenden Schwankungen in der Zahl der roten Blutkörperchen und in der Hämoglobinmenge ein Wechsel im **Gesamtbestande** an **roten Blutkörperchen** und **Hämoglobin** entsprechen, so hätte derselbe unbedingt bei der Bestimmung des Gesamthämoglobins zum Vorschein kommen müssen. Betragen doch die genannten Schwankungen 10 bis 20%! Die Gesamthämoglobinmengen der St. Moritzer Tiere sind allerdings im allgemeinen etwas höher als diejenigen der Basler Tiere. Die Differenz ist aber viel zu klein, um irgendwie zur Erklärung der beobachteten Hämoglobinvermehrung in Betracht zu kommen. Aufserdem ist dieser höhere Gesamthämoglobingehalt der St. Moritzer Tiere durchaus nicht bei allen Tieren vorhanden, während die erwähnte Blutkörperchen- und Hämoglobinvermehrung ausnahmslos auftrat.

Auch der Abnahme der Zahl der roten Blutkörperchen und der Hämoglobinmenge nach der Rückkehr nach Basel entspricht kein Abfall des Gesamthämoglobins.

Auch die folgenden Resultate sprechen — wenn auch nicht unbedingt — gegen eine wirkliche Vermehrung resp. Abnahme der Zahl der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins:

1. Das rapide Ansteigen der Zahl der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins bei der Ankunft in St. Moritz.
2. Das Fehlen jeglicher, auf eine vermehrte Neubildung hindeutender Formelemente — kernhaltige rote Blutkörperchen etc. —, ebenso das Fehlen jeglicher, auf einen vermehrten Untergang hinweisender Produkte, wie »Schatten« u. dergl.
3. Die beim Abfall der Blutkörperchenzahl und der Hämoglobinabnahme vermiſste intensivere Eisenreaktion in den Geweben, als Ausdruck einer stattgehabten, vermehrten Blutkörperchenzerstörung.

Endlich wäre noch das auffallende, absolut parallel miteinander ablaufende Steigen und Fallen der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins anzuführen.

Ich hebe ausdrücklich hervor, daſs mit den angeführten Sätzen nicht jede Neubildung von roten Blutkörperchen und von Hämoglobin ausgeschlossen werden soll. In der That zeigten die St. Moritzer Tiere im allgemeinen etwas höhere Hämoglobinwerte pro Einheit der Blutkörperchen berechnet und dem entsprechend auch etwas höhere Gesamthämoglobinzahlen. Die Unterschiede gegenüber den entsprechenden Werten der Basler Tiere sind aber so gering, daſs sie zur Erklärung der auffallenden Steigerung der Zahl der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins im Hochgebirge nicht oder doch nur in geringem Maſse in Betracht kommen.

Von den zur Erklärung der festgestellten Vermehrung der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins aufgestellten Theorien fallen, gestützt auf die vorliegenden Resultate, diejenigen auſser Betracht, welche sich auf eine **absolute Blutkörperchenzunahme** stützen.

Es sind dies:

1. Die Neubildungstheorie (Viault, Paul Bert u. a.).
2. Die Theorie von Fick[1]), welche die Blutkörperchenvermehrung auf einen verminderten Untergang der korpuskulären Elemente zurückführt. Mit dieser Theorie

steht das rasche Ansteigen der Blutkörperchenzahl im Widerspruch. Dieselbe erfordert auch eine Vermehrung des gesamten Hämoglobinbestandes und bei der Rückkehr in die Ebene eine Zerstörung von Blutkörperchen und von Hämoglobin.

In Betracht kommen nur diejenigen Erklärungsversuche, welche von einer relativen Blutkörperchenvermehrung ausgehen. Es sind dies:

1. Die Theorie von Zuntz[2]). Zuntz glaubt, daſs die Blutkörperchenvermehrung im Hochgebirge ihren Grund in einer Änderung der Verteilung der Blutkörperchen im Gefäſssystem habe. Es sollen sich nämlich in den Kapillaren mehr Blutkörperchen ansammeln, während in anderen Gefäſsbezirken ein an korpuskulären Elementen ärmeres Blut circuliert.
2. Die sog. »Eindickungstheorie«, welche die Zunahme der Zahl der roten Blutkörperchen auf eine infolge der vermehrten Verdunstung im Hochgebirge eintretende Eindickung des Blutes zurückführt.[3])
3. Der von Bunge[4]) aufgestellte Erklärungsversuch. Bunge führt die Blutkörperchenvermehrung auf eine Verengerung des Gefäſssytems zurück. Bei gleichbleibender Blutkörperchenzahl wird Plasma ausgepreſst und so eine relative Blutkörperchenvermehrung vermittelt.

Die beiden zuletzt genannten Theorien setzen voraus, daſs sich im Hochgebirge das Volumen des Blutes vermindert. Nach

---

1) A. Fick: Bemerkungen über die Vermehrung der Blutkörperchen an hochgelegenen Orten. Archiv f. d. gesamte Physiol. 1895. Bd. 60 S. 589.

2) Zuntz: Berliner klin. Wochenschr. 1895. Diskussion zum Vortrage von Grawitz. S. 748. Vergl. auch Schumburg und Zuntz: Zur Kenntnis der Einwirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus. Archiv f. d. gesamte Physiol. 1896, Bd. 63 S. 461.

3) Grawitz: Über die Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Berliner klin. Wochenschr. 1895 Nr. 33 u. 34.

4) G. v. Bunge: Über die Eisentherapie. Verhandlungen des XIII. Kongresses für innere Medizin 1895. S. 192.

der Theorie von Zuntz würde sich das Blutvolumen nicht ändern.

Die folgende Tabelle gibt für eine Anzahl Versuchstiere eine Zusammenstellung des im Blutstropfen bestimmten Hämoglobins und der gesamten Hämoglobinmenge, sowie die aus diesen beiden Faktoren berechnete Blutmenge.

I. In St. Moritz getötete Tiere:				II. In Basel verbliebene Tiere:			
Nummer d. Wurfes und des Versuchstieres	Hämoglobin in %	Gesamthämoglobin in g	Blutmenge in ccm	Nummer d. Wurfes und des Versuchstieres	Hämoglobin in %	Gesamthämoglobin in g	Blutmenge in ccm
II,2	14,29	17,75	124,21	II,4	11,02	18,08	164,06
II,6	14,92	18,58	124,53	II,3	11,24	16,71	148,66
III,4	14,01	12,47	89,01	III,3	11,91	14,08	118,22
III,1	14,56	17,69	121,49	III,2	12,00	19,21	160,08
IV,4	15,22	15,71	103,22	IV,5	13,05	20,14	154,33
IV,6	16,12	18,34	113,77	IV,2	11,03	16,72	151,58
V,2	14,09	16,42	116,53	V,5	12,51	16,23	129,73
V,6	14,45	16,21	112,18	V,1	12,10	15,45	127,68
VI,2	15,77	17,96	113,88	VI,5	13,02	18,81	144,47
VI,4	15,32	13,45	87,79	VI,1	12,64	18,32	144,93
VII,7	14,89	13,22	88,78	VII,8	11,21	13,97	124,62
VII,3	12,96	12,70	97,99	VII,4	11,92	19,37	162,50
VIII,1	15,41	13,84	89,81	VIII,6	12,01	12,99	108,16
VIII,7	16,22	14,12	87,05	VIII,2	12,02	12,77	106,24
IX,6	13,81	11,18	80,95	IX,3	11,51	9,86	85,66
IX,5	14,71	14,38	97,75	IX,2	11,34	13,09	115,43
				X,3	11,09	7,03	63,39
X,2	13,41	8,08	60,25	X,6	11,22	9,02	80,39
				X,9	11,02	8,46	76,77
XI,1	14,22	10,85	76,30	XI,6	10,75	9,12	84,83
XI,2	14,77	11,25	76,16				

Vergleicht man in der vorliegenden Übersicht die Blutmengen der St. Moritzer Tiere mit denjenigen der Basler Tiere, so ergibt sich, daſs die ersteren durchweg niedere Werte aufweisen.

Mit der Feststellung dieser Thatsache fällt die Theorie von Zuntz. Gegen dieselbe spricht auch der Umstand, daſs Blut-

körperchenzählungen in aus gröfseren Gefäfsen — z. B. der Carotis — entnommenen Blutproben ebenso hohe Zahlen ergeben, wie die im Kapillarblut ausgeführten Zählungen. So erhielt ich z. B. bei einem Schweine im Carotisblut folgende Zahlenwerte: 8654000 und 8649000 rote Blutkörperchen. Die Zählungen im Carotisblut einer Kuh ergaben: 7568000 und 7569000 rote Blutkörperchen[1]).

Auch durch »Eindickung« allein kann die bedeutende Steigerung der Blutkörperchenzahl nicht erklärt werden. Es würde, um so hohe Blutkörperchenzahlen zu erreichen, eine solche Konzentration des Serumeiweifses nötig werden, dafs die Circulation erschwert bez. behindert würde. Damit soll nicht gesagt sein, dafs eine »Eindickung« des Blutes überhaupt ausgeschlossen ist. Es ist wohl denkbar, dafs dieser Faktor je nach der Lage des Ortes — in gewissem Sinne unabhängig von der Meereshöhe — in verschieden starkem Mafse sich geltend macht. Ausschlaggebend für die Bedeutung dieses Faktors sind Bestimmungen des Trockenrückstandes des Serums. Mit der Ausführung von Untersuchungen in dieser Richtung bin ich beschäftigt. Das Wesen der konstatierten Blutkörperchenvermehrung kann durch eine »Eindickung« allein nicht erklärt werden.

Mit allen mitgeteilten Resultaten im Einklang steht die Annahme einer Kontraktion der Gefäfse mit nachfolgendem Austritt von Plasma in die Lymphräume. Als Ursache dieser Gefäfsverengerung kommt in erster Linie der verminderte Sauerstoffgehalt der Luft (resp. der Alveolarluft) im Hochgebirge in Betracht. Die eintretende Reaktion ist vielleicht parallel zu setzen mit derjenigen, welche die Erstickung begleitet. Die Ursache ist bei beiden — natürlich graduell sehr verschieden — dieselbe, ebenso der Erfolg. Es würde sich gewifsermassen der Gefäfstonus — innerhalb gewisser Grenzen — dem Sauerstoffgehalt der Luft oder besser demjenigen der Alveolarluft anpafsen. Durch die Gefäfskontraktion und der dadurch bewirkten relativen Vermehrung der Zahl der Blutkörperchen und des Hämoglobins

1) Vergl. auch F. Egger: a. a. O. (Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmak. 1897 Bd. 39) S. 432 und Suter und Jaquet: a. a. O.

wird erreicht, dafs bei derselben Herzarbeit in der Zeiteinheit mehr Hämoglobin die Lungenkapillaren passiert. Dafs durch diesen Mechanismus — innerhalb bestimmter Grenzen — in der That das Blut dieselben Sauerstoffmengen aufnehmen kann, wie bei gewöhnlichem Luftdrucke, lehren am besten die Versuche von Fraenkel und Geppert[1]). Diese Autoren stellten auf Grund ihrer Experimente den Satz auf, »dafs bis zu einem Drucke von 41 ccm das Blut im Tierkörper seinen Sauerstoffgehalt nicht nachweisbar ändert«[2]). Diese Versuche werden oft als im Widerspruche mit jeder Theorie stehend angeführt, welche die Blutkörperchenvermehrung durch Sauerstoffmangel zu erklären versucht. Es wird dabei übersehen, dafs bei den Versuchstieren von Fraenkel und Geppert dieselben Regulationsmechanismen thätig sein konnten, welche uns gestatten, ohne Beschwerden die den von Fraenkel und Geppert festgestellten Drucken entsprechenden Höhen zu erreichen. Es ist wohl denkbar, dafs ein frühzeitiges Versagen des angeführten Mechanismus den Symptomen der sog. »Bergkrankheit« zu Grunde liegt.

I. Körpergewichtsbestimmungen an Kaninchen.

Wurf I. Datum der Geburt: 2. I. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel					St. Moritz				Basel	
	30. Juli	13. August	20. August	24. August	31. August	3. September	7. September	14. September	20. September	17. Oktober	20. Oktober
4	2930,0	2775,0	2790,0	2610,0	2700,0	2475,0	2535,0	2645,0	2720,0	3025,0	—
1	2420,0	2400,0	2205,0	2185,0	2200,0	2005,0	2020,0	2175,0	2282,0	2461,0	2470,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	30. Juli	13. August	20. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	8. Oktober	9. Oktober
2	2640,0	2635,0	2585,0	2520,0	2570,0	2290,0	2410,0	2480,0	2550,0	—
3	2530,0	2660,0	2180,0	2520,0	2465,0	2520,0	2720,0	3055,0	—	3220,0

1) A. Fraenkel und J. Geppert: Über die Wirkungen der verdünnten Luft auf den Organismus. Berlin 1883.

2) a. a. O. S. 49.

Wurf II. Datum der Geburt: 6. I. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	2.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	17.
	August		August			September		
2	2740,0	2785,0	2674,0	2700,0	2872,0	2955,0	2840,0	—
6	2905,0	3030,0	3093,0	2750,0	2750,0	2885,0	2954,0	3112,0

Nummer d Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel	
	2.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	25.	29.
	August		August			September			September	
1	2485,0	2580,0	2522,0	2520,0	2614,0	2675,0	2712,0	2845,0	2810,0	—
7	2870,0	2890,0	2745,0	2778,0	2810,0	2897,0	2950,0	—	—	3050,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	2.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	25.	3.	4.
	August					September			Oktober	
4	3040,0	3065,0	2980,0	2765,0	2850,0	2855,0	2915,0	3110,0	—	—
3	2900,0	3100,0	3100,0	2960,0	3045,0	2970,0	3050,0	3095,0	3135,0	—
5	2620,0	2870,0	2990,0	3055,0	2800,0	2910,0	2984,0	2964,0	—	2970,0

Wurf III. Datum der Geburt: 29. I. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	5.	13.	17.	24.	31.	7.	12.	15.
	August		August			September		
4	1700,0	1775,0	1820,0	1850,0	2040,0	2120,0	1928,0	—
1	2150,0	2255,0	2196,0	2359,0	2520,0	2655,0	—	2641,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel
	5.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	27.
	August		August			September			Sept.
5	1580,0	1725,0	1762,0	1780,0	1980,0	2120,0	2210,0	2320,0	2445,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	5. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	26. September	3. Okt.
3	1960,0	2235,0	2210,0	2205,0	2360,0	2450,0	2620,0	2686,0	2715,0	—
2	1870,0	2110,0	2250,0	2160,0	2250,0	2460,0	2610,0	2889,0	—	3040,0

Wurf IV. Datum der Geburt: 15. III. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	6. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	12. September	14. September
4	2155,0	2435,0	2427,0	2465,0	2580,0	2520,0	2715,0	—
6	2150,0	2155,0	2122,0	2290,0	2390,0	2650,0	—	2609,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel	
	6. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	28. September
1	2115,0	1986,0	2005,0	2015,0	2050,0	2105,0	2100,0	2250,0	2220,0	2175,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	6. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	26. September	2. Oktober	4. Oktober
5	2125,0	2330,0	2850,0	2400,0	2620,0	2690,0	2775,0	3250,0	—	—
2	2175,0	2430,0	2430,0	2375,0	2580,0	2635,0	2735,0	—	2955,0	—
3	1820,0	1975,0	2075,0	2085,0	2260,0	2315,0	2410,0	—	—	2565,0

Wurf V. Datum der Geburt: 16. III. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	6. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	16. September
2	2300,0	2310,0	2375,0	2420,0	2515,0	2729,0	2900,0	—
6	2620,0	2518,0	2530,0	2580,0	2615,0	2719,0	2810,0	2874,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel
	6. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	27. Sept.
3	2760,0	2720,0	2700,0	2750,0	2850,0	3090,0	3150,0	3285,0	3235,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	6. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	30. September	2. Oktober	8. Oktober
5	2310,0	2220,0	2190,0	2460,0	2595,0	2770,0	2805,0	2975,0	—	—
1	2210,0	2250,0	2370,0	2475,0	2520,0	2680,0	2710,0	—	2895,0	—
4	2590,0	2790,0	2705,0	2640,0	2800,0	2960,0	2720,0	—	—	2685,0

Wurf VI. Datum der Geburt: 7. IV. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	7. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	12. September	16. September
2	1720,0	1835,0	1850,0	1900,0	2100,0	2420,0	2175,0	—
4	1785,0	1895,0	1800,0	1850,0	1990,0	1990,0	—	2170,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel		
	7. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	29. September	1. Okt.
3	2055,0	2160,0	2120,0	2170,0	2350,0	2605,0	2675,0	2620,0	2715,0	2855,0	—
6	2447,0	2500,0	2575,0	2520,0	2640,0	2780,0	2870,0	2810,0	2915,0	—	3040,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel								
	7. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	29. September	9. Oktober
5	2190,0	2405,0	2320,0	2360,0	2480,0	2460,0	2710,0	3025,0	—
1	1990,0	2180,0	2210,0	2300,0	2470,0	2585,0	2610,0	—	2795,0

Wurf VII. Datum der Geburt: 12. IV. 1901.

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel		St. Moritz					
	5.	13.	17.	24.	31.	7.	12.	16.
	August		August			September		
7	1665,0	1705,0	1750,0	1870,0	1950,0	2170,0	2120,0	—
3	1585,0	1700,0	1750,0	1770,0	1875,0	1970,0	—	2120,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel		St. Moritz						Basel
	5.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	8. Okt.
	August		August			September			
6	1755,0	1930,0	1834,0	1920,0	2070,0	2270,0	2210,0	2175,0	2545,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel										
	5.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	30.	2.	8.
	August					September				Oktober	
8	1985,0	2235,0	2170,0	2225,0	2400,0	2500,0	2570,0	2520,0	2720,0	—	—
4	1885,0	2105,0	2185,0	2230,0	2365,0	2480,0	2600,0	2700,0	—	3060,0	—
5	1585,0	1715,0	1715,0	1740,0	1885,0	2005,0	2095,0	2150,0	—	—	2325,0
2	2170,0	2350,0	2280,0	2305,0	2445,0	2510,0	2600,0	2560,0	—	—	2745,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel		St. Moritz						Basel
	5.	13.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	17. Okt.
	August		August			September			
1	1585,0	1665,0	1621,0	1655,0	1700,0	1840,0	1895,0	1980,0	2715,0

Wurf VIII. Datum der Geburt: 24. IV. 1901.

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel		St. Moritz					
	8.	13	17.	24.	31.	7.	16.	18.
	August		August			September		
1	1570,0	1670,0	1686,0	1704,0	1900,0	2135,0	2457,0	—
7	1640,0	1680,0	1910,0	1990,0	2215,0	2416,0	2545,0	2615,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel											
	8. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	27. September	1. Oktober	5. Oktober
6	1510,0	1640,0	1690,0	1735,0	1840,0	2010,0	2150,0	2210,0	2340,0	2452,0	—	—
2	1720,0	1990,0	1980,0	1940,0	2085,0	2220,0	2250,0	2465,0	2510,0	—	2645,0	—
5	1560,0	1825,0	1840,0	1950,0	2130,0	2300,0	2410,0	2760,0	2610,0	—	—	2590,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel	
	8. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	16. Oktober	20. Oktober
3	1890,0	2080,0	2057,0	2125,0	2250,0	2520,0	2610,0	2850,0	2950,0	—
4	1760,0	1860,0	1920,0	1925,0	2025,0	2210,0	2240,0	2340,0	—	2715,0

Wurf IX. Datum der Geburt: 4. VI. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	12. September	17. September
6	1160,0	1245,0	1200,0	1327,0	1509,0	1650,0	1620,0	—
5	1320,0	1350,0	1371,0	1540,0	1700,0	1930,0	—	2215,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel	
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	29. September
1	1335,0	1400,0	1409,0	1448,0	1684,0	1880,0	2100,0	2530,0	2595,0	2705,0
7	1280,0	1310,0	1385,0	1410,0	1580,0	1670,0	1900,0	2110,0	2320,0	2514,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel										
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	26. September	3. Oktober	5. Oktober
3	1280,0	1440,0	1460,0	1515,0	1550,0	1560,0	1720,0	1790,0	1975,0	—	—
2	1440,0	1690,0	1710,0	1735,0	1790,0	1940,0	2090,0	2250,0	—	2525,0	—
4	1310,0	1515,0	1580,0	1620,0	1655,0	1860,0	1990,0	2170,0	—	—	2495,0

Wurf X. Datum der Geburt: 23. VI. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz				
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	12. September
2	590,0	645,0	703,0	835,0	1050,0	1240,0	1200,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel		
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. Sept.	10. Oktober	12. Oktober
4	530,0	580,0	682,0	755,0	952,0	1105,0	1400,0	1490,0	1530,0	1970,0	—
1	550,0	625,0	671,0	779,0	1055,0	1235,0	1420,0	1535,0	1615,0	—	1995,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel											
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	26. September	3. Oktober	11. Oktober	12. Oktober
3	600,0	680,0	825,0	900,0	1005,0	1170,0	1210,0	1315,0	1455,0	—	—	—
6	640,0	765,0	875,0	955,0	1110,0	1285,0	1310,0	1450,0	—	1855,0	—	—
9	580,0	675,0	770,0	840,0	980,0	1170,0	1330,0	1475,0	—	—	1945,0	—
7	620,0	730,0	825,0	900,0	1060,0	1195,0	1305,0	1490,0	—	—	—	1825,0
10	610,0	710,0	815,0	889,0	1040,0	1175,0	1300,0	1510,0	—	—	—	1874,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel	
	9. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	16. Oktober	19. Oktober
5	570,0	645,0	658,0	807,0	1034,0	1240,0	1310,0	1410,0	1805,0	—
8	530,0	560,0	591,0	754,0	962,0	1130,0	1210,0	1325,0	—	1895,0

Wurf XI. Datum der Geburt: 25. VI. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz					
	10. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	15. September	16. September
1	735,0	785,0	847,0	950,0	1075,0	1275,0	1649,0	—
2	785,0	820,0	910,0	1020,0	1210,0	1415,0	—	1710,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel		St. Moritz						Basel	
	10. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	29. September
3	650,0	710,0	815,0	915,0	1150,0	1310,0	1415,0	1585,0	1698,0	1814,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel								
	10. August	13. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	1 Oktober
6	905,0	1035,0	1160,0	1215,0	1260,0	1390,0	1500,0	1650,0	1825,0

Wurf XII. Datum der Geburt: 22. VII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel					St. Moritz				Basel	
	11. August	13. August	17. August	24. August	31. August	3. September	7. September	14. September	20. September	10. Oktober	13. Oktober
5	280,0	389,0	520,0	605,0	705,0	737,0	777,0	850,0	990,0	1230,0	—
2	320,0	465,0	540,0	650,0	745,0	827,0	895,0	915,0	930,0	—	1295,0
3	315,0	455,0	540,0	660,0	750,0	805,0	865,0	920,0	1000,0	—	1380,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel					St. Moritz				Basel		
	11. August	13. August	17. August	24. August	31. August	3. September	7. September	14. September	20. September	16. Oktober	17. Oktober	18. Oktober
1	230,0	320,0	520,0	620,0	715,0	820,0	897,0	984,0	1090,0	1580,0	—	—
4	320,0	412,0	560,0	650,0	780,0	845,0	945,0	1001,0	1080,0	—	1445,0	—
6	280,0	400,0	415,0	638,0	714,0	814,0	885,0	920,0	990,0	—	—	1402,0

Wurf XIII. Datum der Geburt: 3. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz			Basel			
	31. August	3. September	14. September	20. September	25. September	31. September	13. Oktober	14. Oktober
3	371,5	377,0	479,0	582,0	610,0	654,0	629,0	—
4	322,0	345,0	420,0	495,0	525,0	718,0	859,0	—
5	475,0	490,0	575,0	720,0	815,0	948,0	1292,0	1280,0
6	295,0	312,0	359,0	514,0	565,0	610,0	—	795,0

Nummer d. Versuchstierer	Basel	St. Moritz			Basel		
	31. August	3. September	14. September	20. September	16. Oktober	17. Oktober	19. Oktober
1	317,0	334,0	414,0	530,0	825,0	—	—
7	369,5	392,0	479,0	549,0	—	915,0	—
2	389,0	397,0	484,0	628,0	—	1020,0	—
8	370,0	395,0	457,0	625,0	—	—	1040,0

Wurf XIV. Datum der Geburt: 5. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz				
	31. August	3. September	7. September	14. September	17. September	18. September
1	360,0	397,0	427,0	444,0	400,0	—
4	343,0	377,0	420,0	499,0	—	563,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel						
	31. August	7. September	14. September	20. September	26. September	1. Oktober	15. Oktober
3	388,5	425,0	470,0	510,0	678,0	—	—
1	382,0	423,5	435,0	460,0	—	489,0	—
2	344,5	374,5	401,5	462,0	—	518,5	—
4	382,0	412,0	489,0	568,0	—	—	864,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz			Basel					
	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	26. September	27. September	28. September	17. Oktober	20. Oktober
2	309,0	352,0	420,0	465,0	510,0	540,0	598,0	600,0	955,0	—
3	355,0	410,0	455,0	545,0	610,0	589,0	599,0	620,0	—	726,0

Wurf XV. Datum der Geburt: 7. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz			
	31. August	3. September	14. September	17. September	18. September
1	294,5	320,0	392,0	396,0	—
2	246,0	263,0	334,0	336,0	—
4	295,0	310,0	350,0	—	412,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel					
	31. August	7. September	14. September	20. September	26. September	10. Oktober
1	264,5	310,0	339,0	387,0	449,0	—
3	316,0	385,0	433,0	578,0	507,0	—
2	322,0	379,0	451,0	457,0	—	684,5
4	295,0	374,0	406,0	537,5	—	640,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz				Basel
	31. August	3. September	7. September	14. September	20. September	16. Oktober
3	264,0	310,0	375,0	410,0	475,0	778,5

II. Körpergewichtsbestimmungen an Ratten.

Wurf I. Datum der Geburt: 15. I. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							
	12. Aug.	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	13. September	17. September	18. September
1	133,0	142,0	147,0	160,0	167,5	184,5	195,0	—	—
2	101,0	107,0	110,0	115,0	123,5	138,0	—	149,0	—
3	148,0	154,0	160,0	184,5	190,5	198,0	—	—	225,0
4	128,0	130,0	140,0	145,5	160,5	182,0	—	—	195,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	12. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	27. September	29. September
1	203,0	207,5	209,0	190,5	208,0	222,0	267,0	241,5	—	—
2	142,0	178,5	180,0	182,5	190,0	196,5	199,5	192,0	—	—
3	102,0	104,0	115,5	124,0	132,0	135,0	140,0	—	146,0	—
4	110,5	112,5	120,0	130,0	138,5	149,5	170,0	—	—	194,0

Wurf II. Datum der Geburt: 10. II. 1901.

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel	St. Moritz								
	12. Aug.	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	13. September	15. September	16. September	17. September
1	255,0	210,0	220,5	222,5	235,5	240,5	252,0	—	—	—
2	227,0	230,0	232,5	235,5	241,5	255,5	—	263,0	—	—
3	212,0	220,0	230,0	228,0	238,0	245,5	—	—	245,0	—
4	210,0	220,0	219,0	225,5	230,0	245,0	—	—	—	250,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel										
	12. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	26. September	27. September	8. Okt.
2	185,0	195,0	210,0	240,0	255,0	260,5	275,0	280,5	—	—	—
4	194,0	200,0	210,0	205,0	220,0	228,0	232,0	—	238,0	—	—
3	220,0	215,0	220,0	230,0	232,5	234,5	240,5	—	—	249,5	—
1	174,0	190,0	182,0	170,0	171,5	171,5	172,0	—	—	—	188,5

Wurf III. Datum der Geburt: 19. V. 1901.

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel	St. Moritz						
	12. Aug.	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	13. September	15. September
4	132,0	130,0	131,5	131,5	132,0	134,0	136,0	—
5	154,0	150,0	145,0	148,5	149,0	150,0	—	152,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel	St. Moritz							Basel	
	12. Aug.	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	26. September
3	137,5	140,5	142,0	140,0	138,5	141,5	142,0	140,5	141,0	—
2	150,0	152,0	154,0	157,5	156,5	158,5	162,5	160,5	168,5	—
7	192,0	191,5	196,5	195,5	196,5	197,0	198,0	197,5	200,0	202,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel								
	12.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	25.	29.
	August				September				
5	119,0	138,0	140,0	149,5	157,0	165,0	175,0	168,0	—
2	127,0	122,5	129,5	147,0	146,0	153,0	178,0	193,0	—
1	137,0	156,5	159,5	164,0	176,0	181,5	196,0	188,5	—
3	159,0	177,0	178,5	186,5	189,5	193,0	195,5	—	205,0
4	149,0	161,0	162,0	174,5	178,0	179,0	181,5	—	191,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							Basel
	12. Aug.	15.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	19. Okt.
		August				September			
1	145,0	151,5	152,0	154,5	159,5	160,0	155,5	159,5	169,5
6	152,0	156,5	160,0	160,0	162,5	167,5	182,0	185,5	199,0

Wurf IV. Datum der Geburt: 8. VI. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							
	12. Aug.	15.	17.	24.	31.	7.	13.	15.	16.
		August				September			
4	89,0	94,0	98,5	108,5	112,5	120,0	128,0	—	—
5	82,0	89,0	91,5	118,0	125,5	141,0	—	156,0	—
6	78,5	84,5	90,0	112,0	135,4	152,0	—	—	161,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							Basel		
	12. Aug.	15.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	26.	29.	10. Okt.
		August				September			Sept.		
1	78,0	80,5	85,0	98,0	110,5	120,5	141,0	144,5	151,5	—	—
3	79,0	82,5	85,0	105,0	107,5	111,5	115,0	120,0	—	118,0	—
2	84,0	90,0	94,5	120,0	128,5	132,0	137,5	142,0	—	—	153,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel								
	12.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	29.	22. Okt.
	August				September				
1	87,0	118,0	125,5	139,5	150,0	148,0	155,0	170,0	—
2	79,0	108,0	121,0	134,5	144,5	151,5	146,5	157,0	—
3	76,0	84,0	97,5	123,0	120,5	127,5	126,0	115,0	—
4	74,0	100,0	114,0	120,0	151,0	170,5	176,0	—	175,5

Wurf V. Datum der Geburt: 24. VI. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							Basel			
	12. August	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. Septbr.	28. Septbr.	10. Oktober	12. Oktober
3	119,0	122,5	129,5	138,0	149,5	159,5	176,5	188,5	196,0	208,0	—	—
2	116,0	124,5	130,0	142,5	150,0	164,0	170,0	176,5	189,0	—	194,5	—
6	117,0	126,0	138,5	146,0	154,5	162,0	170,0	175,0	189,0	—	—	209,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel								
	12. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	29. September	8. Oktober
5	104,0	140,5	143,5	162,5	165,0	168,5	178,5	198,5	—
2	114,0	132,5	142,0	164,5	171,0	184,0	187,0	—	209,5
3	125,0	146,0	162,0	179,0	191,5	196,0	196,0	—	220,0
4	122,0	155,0	155,5	158,5	174,5	180,0	191,0	—	221,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							Basel		
	12. Aug.	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	18. Oktober	19. Oktober	20. Oktober
4	106,0	112,5	119,0	121,5	138,0	145,5	159,0	172,0	204,0	—	—
1	121,0	124,5	130,0	138,0	142,0	150,0	160,0	170,0	—	201,0	—
5	103,0	112,2	124,5	131,5	133,5	143,0	152,0	162,0	—	—	196,0

Wurf VI. Datum der Geburt: 25. VII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							
	12. August	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	13. September	15. September	18. September
2	18,5	21,5	25,0	31,5	48,5	60,0	67,0	—	—
3	21,5	24,5	28,0	32,5	51,5	57,5	—	60,0	—
5	20,0	26,5	29,5	38,0	56,5	62,0	—	—	73,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz							Basel		
	12. August	15. August	17. August	24. August	31. August	7. September	14. September	20. September	25. September	28. September	29. September
1	20,0	24,5	30,5	40,0	47,5	57,5	69,5	89,5	108,0	111,5	—
4	14,5	20,0	25,5	49,5	72,0	91,0	102,0	110,5	115,0	—	129,5

Nummer d. Versuchstieres	Basel									
	12.	17.	24.	31.	7.	14.	20.	25.	28.	29.
	August				September					
1	17,0	18,5	23,5	38,0	54,5	62,0	79,5	78,5	—	—
2	20,5	27,5	35,0	60,0	65,0	68,5	72,5	75,0	—	—
3	18,0	23,0	32,5	53,0	76,0	97,0	113,0	—	131,0	—
4	19,5	27,0	35,0	61,0	90,5	108,0	125,0	—	137,0	—
5	20,0	26,0	34,5	60,5	87,0	99,5	120,0	—	—	128,5

Wurf VII. Datum der Geburt: 10. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz				Basel		
	31.	3.	7.	14.	20.	25.	11.	22.
	August	September				Sept.	Oktober	
3	32,0	39,5	45,5	62,5	74,0	92,0	114,0	—
5	29,0	38,0	41,0	52,0	82,0	112,0	152,5	—
7	31,5	40,0	52,0	70,0	105,0	126,5	175,5	—
9	29,5	40,5	52,5	74,5	100,0	127,0	—	202,0
1	26,0	38,5	51.5	61,0	72,0	105,0	—	150,0

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz				Basel			
	31.	3.	7.	14.	20.	16.	17.	19.	22.
	August	September				Oktober			
6	31,0	39,0	47,5	61,5	77,0	161,5	—	—	—
8	31,5	42,5	52,0	72,0	97,0	164,5	—	—	—
4	28,0	40,0	51,5	71,5	96,0	—	178,0	—	—
10	31,0	40,0	58,5	72,0	99,0	—	—	205,0	—
2	29,0	41,5	57,5	67,5	72,0	—	—	—	126,5

Wurf VIII. Datum der Geburt: 11. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchstieres	Basel	St. Moritz				Basel				
	31.	3.	7.	14.	20.	25.	11.	12.	21.	22.
	Aug.	September				Sept.	Oktober			
5	35,0	40,0	61,5	82,5	101,0	110,0	180,0	—	—	—
3	34,0	39,5	62,0	83,4	102,0	112,5	—	165,0	—	—
1	32,5	37,5	58,5	71,0	85,0	100,0	—	—	159,0	—
4	33 0	40,5	52,5	70,0	92,0	105,0	—	—	—	149,5

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel	St. Moritz				Basel	
	31. Aug.	3. September	7. September	14. September	20. September	16. Oktober	17. Oktober
2	33,5	40,0	60,0	80,0	97,0	171,0	—
8	34,0	40,0	61,5	83,5	100,0	175,0	—
6	33,0	40,5	63,5	81,0	102,0	—	178,0
7	31,5	38,0	51,0	70,0	95,0	—	172,0

Wurf IX. Datum der Geburt: 7. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel	St. Moritz				Basel					
	31. Aug.	3. September	7. September	14. September	20. September	25. Sept.	16. Oktober	17. Oktober	19. Oktober	20. Oktober	21. Oktober
1	39,0	43,0	60,0	71,5	85,0	92,0	132,5	—	—	—	—
3	41,0	45,0	61,5	77,5	90,0	96,0	—	131,5	—	—	—
2	41,0	46,0	66,0	76,5	108,0	114,0	—	—	192,0	—	—
4	42,0	47,0	57,5	76,5	112,0	120,0	—	—	—	176,0	—
5	39,0	45,0	52,0	69,5	88,0	96,5	—	—	—	—	138,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel					
	31. Aug.	7. September	14. September	20. September	13. Oktober	22. Oktober
2	46,0	69,0	73,0	93,0	121,0	—
3	38,0	57,5	70,0	93,0	108,5	—
4	44,0	66,0	76,0	84,0	—	117,5
1	43,5	67,5	77,0	97,0	—	136,5
5	45,0	68,0	80,0	99,5	—	146,5

Wurf X. Datum der Geburt: 12. VIII. 1901.

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel	St. Moritz				Basel			
	31. Aug.	3. September	7. September	14. September	20. September	25. Sept.	17. Oktober	20. Oktober	21. Oktober
4	36,5	45,0	67,0	78,5	89,5	94,0	126,5	—	—
2	18,5	20,5	31,5	42,0	50,0	61,0	93,5	—	—
3	30,0	38,5	49,5	56,0	65,5	71,0	—	107,9	—
1	40,0	49,0	61,0	84,5	112,0	116,5	—	—	156,0

Nummer d. Versuchs-tieres	Basel					
	31. Aug.	7. September	14. September	20. September	13. Oktober	22. Oktober
3	34,5	53,5	67,5	79,5	117,0	—
2	20,0	31,5	38,5	45,0	69,5	—
1	32,0	50,5	64,0	74,5	—	121,5
4	30,0	48,0	59,5	82,5	—	136,0

Der Eisengehalt des Hühnereies.

Von

Dr. med. **C. Hartung**, Leipzig.

»Ein Naturheilmittel 1. Ranges gegen Blutarmut, Bleichsucht, Schwäche und für Magenleidende u. s. w., wie es natürlicher kaum gedacht werden kann. Durch ein einfaches Verfahren legen Hühner schon nach zehn bis zwölf Tagen stark eisenhaltige Eier.« Verfahren zur Erzielung dieser eisenhaltigen Eier liefert unter Garantie des Erfolges gegen ein Honorar von 20 M. Apotheker Karl Aufsberg in Wiesbaden.« Dies ist der Anfang und der Schlufs einer Veröffentlichung in der Juninummer der Leipziger Geflügel-Zeitung, Jahrgang 1900[1]). Die Anpreisung stark eisenhaltiger Eier erregte in den Kreisen der deutschen Geflügelzüchter begreifliches Aufsehen; und es entspann sich im Anschlufs an die Aufsbergsche Publikation ein lebhafter Kampf für und wider die »Eiseneier«. Es wurden von verschiedenen Seiten Analysen von »Eiseneiern« veröffentlicht. Doch war das Ergebnis dieser Eisenbestimmungen aufserordentlich verschieden. Während die einen[2]) auffallend hohe Eisenwerte gefunden hatten, konnten andere[3]) eine bemerkenswerte Erhöhung des Eisengehalts der

1) Eisenhaltige Eier. Leipziger Geflügelztg. 1900, H. 5 S. 70—72.

2) Vgl. Nutzgeflügelzucht. Zeitschr. f. einträgliche Geflügelzucht 1900, No. 38 S. 436. S. auch den Prospekt des Hühnerhofes »Eisen-Ei«, Oldesloe.

3) Loges und Pingel, Über »Eisen-Eier«. Nutzgeflügelzucht 1900, No. 32 S. 373—374. (S. auch Leipziger Geflügelztg. 1900, H. 12 S. 187.)

Eier nicht konstatieren. Eine Geflügelzüchterin machte sogar die traurige Erfahrung, dafs die »Eiseneier« ihrer Hühner etwa nur die Hälfte des Eisengehaltes enthielten[1]), die Aufsberg als Normaleisengehalt eines gewöhnlichen Hühnereies angegeben hatte.

Die meisten dieser Veröffentlichungen freilich geben nur ein sehr unvollständiges Bild von dem Effekt der Eisenfütterung; insbesondere fehlen meist vergleichende Analysen gewöhnlicher Hühnereier, bei denen eine Anreicherung an Eisen nicht angestrebt wurde, es fehlen ferner Untersuchungen darüber, ob die Eier konstant einen so hohen Eisengehalt zeigten und dergl.

Es sei daher im folgenden das Ergebnis eines Fütterungsversuches mitgeteilt, den ich auf eine Anregung von Herrn Geheimrat F. Hofmann hin im Jahre 1900/1901 bei den Hühnern eines hiesigen Geflügelzüchters, des Herrn R. Heinze, Leipzig-Neuschönefeld, durchführte. Die chemischen Untersuchungen führte ich im hygienischen Institut der Leipziger Universität aus.

Herr Heinze hatte im Jahre 1899 aus Liebhaberei Geflügelzucht begonnen. Er besafs bei Beginn des Versuches acht Hühner (deutsche) und einen Hahn. Die Hühner waren in einem gut gehaltenen Stall untergebracht, der sich auf der Westseite eines kleinen Gartens mit Hofraum hinter dem Wohnhaus befand.

Diese acht Hühner und ein Hahn bekamen zusammen jeden Tag folgende Futtermenge und mit diesem Futter etwa folgende Zufuhr an Eisenoxyd (fe_2O_3):

(Siehe Tabelle auf S. 197.)

Diese regelmäfsig täglich verabreichte Futterration enthielt also etwa 100 mg Eisenoxyd.

Als Trinkwasser erhielten die Hühner täglich etwa 1500 g Leitungswasser vorgesetzt.

Ab und zu wurden daneben noch einige Küchenabfälle zur Fütterung benutzt; aufserdem einmal in der Woche eine kleine Menge Hafer, schliefslich zweimal in der Woche je 500 g Darmabschnitte vom Schwein gegeben. Der Gesamteisengehalt der letzterwähnten Futtermittel läfst sich schwer taxieren, dürfte wohl

1) Vgl. Nutzgeflügelzucht 1900, No. 40, S. 452.

Art des Futters	Tägliche Futtermenge g	Eisenoxyd in 100 g frischem Futter[1]) mg	Tägliche Zufuhr an Eisenoxyd mg
Kartoffeln	1000	2,3[2])	22,9
Weizenkleie	80	10,9[3])	8,7
Gerste	520	5,6[3])	28,7
Mais	260	9,6[4])	24,9
Grünfutter (besonders Blumenkohlblätter)	250	ca. 2,1[5])	5,3
Zerriebene Eierschalen	ca. 13	27,2[6])	3,6
Unkrautsamen . . .	80	—	ca. 6,0[7])
			100,1

aber 100 bis 150 mg Eisenoxyd pro Woche kaum erheblich überschreiten.

Es läfst sich demnach die mit dem Futter den Hühnern (acht Hühnern und einem Hahn) im Laufe eines Tages insgesamt zur Verfügung gestellte Eisenmenge zwar nicht genau bestimmen, immerhin schätzungsweise auf durchschnittlich ungefähr 115 bis 120 mg Eisenoxyd angeben. Einem Huhn wurden somit etwa 13 mg Eisenoxyd im täglichen Futter dargeboten.

Vor Beginn eines Eisenzusatzes zum Futter untersuchte ich nun zwei Serien von je fünf Eiern (März 1900, April/Mai 1900) auf ihren Eisengehalt. Es wurde dann von

---

1) Bei Berechnung des Eisenoxydgehalts des frischen Futters ist der Wassergehalt nach den Angaben von König, Chemie der menschl. Nahrungs- und Genufsmittel (3. Aufl. Bd. 2), in Betracht gezogen.

2) Analyse von Boussingault. S. Bunge, Untersuchungen über die Aufnahme des Eisens in den Organismus des Säuglings. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 16 1892, S. 174.

3) Analysen von Häusermann. S. Häusermann, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1897, Bd. 23 S. 586—588. Vgl. auch Bunge, Die Assimilation des Eisens aus Cerealien. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1898, Bd. 25 S. 36.

4) Nach Angaben von König, a. a. O. Bd. 2 S. 473—474.

5) Vgl. Analyse der äufsern Kohlblätter von Häusermann. S. Häusermann, a. a. O. S. 587.

6) Loges und Pingel, a. a. O.

7) Ungenau, nur geschätzt.

Anfang Juni 1900 bis Juni 1901, also ein Jahr lang, ein Eisenzusatz zum Futter gegeben und zwar in Form von citronensaurem Eisenoxyd. Die Hühner (acht Hühner und ein Hahn) erhielten täglich (teils ins Futter gestreut, teils im Trinkwasser gelöst) 0,3 g citronensaures Eisenoxyd. Das entspricht 80 mg Eisenoxyd. Ein Huhn erhielt also infolge des Eisenzusatzes zum Futter täglich annähernd 9 mg Eisenoxyd mehr als bisher, statt 13 mg Eisenoxyd täglich etwa 22 mg.

Es wurde absichtlich der Eisenzusatz nicht übertrieben hoch gewählt, um Verdauungsstörungen der Hühner zu vermeiden. In der That nahmen und vertrugen die Hühner das Eisenpräparat dauernd gut.

Von den so erzielten »Eiseneiern« untersuchte ich drei Serien von je fünf Eiern, die erste nach einer Fütterung von 3½ Wochen, die zweite nach reichlich zwei Monaten, die dritte nach einjähriger Eisenfütterung.

Untersuchungsmethode.

Es ist bekannt, dafs bei der Untersuchung von Nahrungsmitteln auf Eisen nur wenige Methoden zuverlässige Werte liefern. Ich benutzte folgende Methode:

Die Eier wurden in eisenfreiem Wasser durch Anwärmen langsam zur vollständigen Gerinnung gebracht. Das Eiweifs der fünf Eier und ebenso die fünf Eidotter wurden gemengt; die Trockensubstanz bestimmt; die verwendeten Chemikalien genau auf ihre völlige Reinheit geprüft. Es wurde sodann die Trockensubstanz von Eiweifs und Dotter in Gegenwart von eisenfreiem Natronhydrat verascht, die Asche in Salzsäure gelöst. Diese Lösung wurde durch Zuträufeln von Ammoniak alkalisch gemacht und genügend lange Zeit Schwefelwasserstoff eingeleitet. Nachdem sich der Niederschlag von Schwefeleisen vollkommen abgesetzt hatte, wurde dekantiert und das Schwefeleisen auf einem kleinen Filter rasch gesammelt. Der Filterinhalt wurde darauf durch verdünnte (12 proz.) Schwefelsäure gelöst, das Filter sorgfältig mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Die Lösung wurde längere Zeit in den Trockenschrank gestellt, auf diese Weise auf ein

kleineres Volumen eingeengt und von dem noch vorhandenen Rest Schwefelwasserstoff befreit. (Um festzustellen, dafs im Filter kein Eisen zurückgehalten wurde und ein völliges Auflösen und Auswaschen desselben stattgefunden hatte, wurde das Filterchen verascht, in Säure gelöst und mittels Rhodankalium das Fehlen von Eisen konstatiert). Das gelöste Eisensalz wurde in einem Ventilkölbchen mit Zink reduciert und mit Chamäleonlösung titriert.

Vor Beginn der Untersuchungen wurden ein paar blinde Kontrollversuche zum Zwecke der Prüfung der Zuverlässigkeit der Methode ausgeführt.

Ergebnisse der Untersuchungen.

Die Untersuchung der zwei Serien gewöhnlicher Eier vor Beginn der Eisendarreichung (Serie I und II), sowie der drei Serien »Eiseneier« (Serie III—V, nach $3^1/_2$ wöchiger, zweimonatlicher, einjähriger Eisenfütterung) hatte folgendes Resultat:

A. Gewichtsverhältnisse.

Die Wägung der zum Gerinnen gebrachten Eier und ihrer Bestandteile (Eiweifs, Eidotter, Schale) ergab:

Durchschnittliches Gewicht der Eier.

	Serie					Mittel
	I	II	III	IV	V	
	g	g	g	g	g	g
Ganzes Ei .	55,55	57,62	55,69	58,61	60,37	57,57
Eiweifs . .	31,11	33,37	32,41	33,53	33,23	32,73
Eidotter . .	16,69	18,52	17,21	18,99	19.46	18,17
Schale . . .	7,75	5,73	6,07	6,09	7,68	6,66

Das Durchschnittsgewicht der 25 Eier war also etwas höher als der in der Litteratur angegebene Mittelwert. Das Verhältnis der einzelnen Bestandteile der Eier untereinander wich nicht erheblich von den Angaben C. v. Voits und Königs ab:

	v. Voit[1]) g	König[2]) g	Hartung g	Mittelwert g
Ganzes Ei .	51,1	53,0	57,6	53,9
Eiweifs . .	28,1 (55,0 %)	31,0 (58,5 %)	32,7 (56,8 %)	30,6 (56,8 %
Eidotter . .	16,9 (33,1 »)	16,0 (30,0 »)	18,2 (31,6 »)	17,0 (31,6 »)
Schale . . .	6,1 (11,9 »)	6,0 (11,5 »)	6,7 (11,6 »)	6,3 (11,7 »)

Aus diesen Zahlen ergibt sich als Verhältnis von Eiweifs zum Dotter:

	v. Voit %	König %	Hartung %	Mittel %
Eiweifs . .	62,4	66,0	64,2	64,2
Dotter . .	37,6	34,0	35,8	35,8

Die von mir gefundenen Zahlenverhältnisse stehen also genau in der Mitte zwischen Königs und C. v. Voits Angaben.

B. Wassergehalt der Eier.

Die Trockensubstanz verhielt sich im Verhältnis zur wasserhaltigen Eisubstanz folgendermafsen:

Trockensubstanz der Eier.

	Serie I	II	III	IV	V	Mittel
	%	%	%	%	%	%
Eiweifs . .	13,54	14,13	13,48	13,41	12,89	13,49
Dotter . . .	52,26	49,78	49,59	50,01	51,26	50,58
Ei (Eiweifs + Dotter) . .	27,05	26,86	26,00	26,49	27,06	26,69

Hieraus ergibt sich als Mittelzahl für den Wassergehalt, wobei ich abermals die Angaben von König und C. v. Voit zum Vergleich heranziehe:

1) C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung. S. Hermanns Handbuch der Physiologie 1881, Bd. 6 S. 459.

2) König, a. a. O. Bd. 2 S. 201.

Wassergehalt der Eier (Mittel):

	v. Voit	König	Hartung
	%	%	%
Eiweifs . .	85,87	85,75	86,51
Dotter . .	54,00	50,82	49,42
Ei (Eiweifs + Dotter) . .	73,90	73,67	73,31

C. Eisengehalt der Eier.

In 100 g frischem Ei, Eiweifs und Eidotter wies ich folgende Mengen Eisenoxyd (fe_2O_3) nach (in Milligrammen Eisenoxyd ausgedrückt):

Eisenoxydgehalt von 100 g wasserhaltiger Eisubstanz:

	Gewöhnliche Eier		»Eiseneier«		
	Serie I März 1900	Serie II April/Mai 1900	Serie III Ende Juni 1900 (n. $3^1/_2$ W.)	Serie IV Aug. 1900 (n. 2 Mon.)	Serie V Juni 1901 (n. 1 Jahr)
100 g	mg	mg	mg	mg	mg
Eiweifs . .	1,12	0,87	1,83	2,26	2,08
Dotter . .	9,95	11,06	9,67	16,52	16,21
Ei (Eiweifs + Dotter) . .	4,25	4,51	4,55	7,42	7,29

Aus diesen Zahlen wurde folgender Gehalt an Eisenoxyd für 1 Ei, 1 Eiweifs, 1 Dotter berechnet:

	Gewöhnliche Eier		»Eiseneier«		
	Serie		Serie		
	I	II	III	IV	V
	mg	mg	mg	mg	mg
1 Eiweifs . .	0,35	0,29	0,59	0,76	0,69
1 Dotter . .	1,68	2,05	1,66	3,14	3,15
1 Ei (1 Eiweifs + 1 Dotter)	2,03	2,34	2,26	3,90	3,84

Eisengehalt der gewöhnlichen Hühnereier.

In den gewöhnlichen Hühnereiern wies ich, wie ein Blick auf diese Tabellen zeigt, in **100** g frischem Ei (Eiweifs und Eidotter) bei der ersten Serie 4,25 mg Eisenoxyd, bei der zweiten Serie 4,51 mg Eisenoxyd nach, also durchschnittlich **4,38** mg. Dieses Resultat stimmt allerdings genau mit der von Aufsberg[1]) auf Grund »der einschlägigen Litteratur« gemachten Angabe überein, dafs ein gewöhnliches Hühnerei 0,00435 % Eisenoxyd in 100 g Eisubstanz (Eiweifs und Dotter) enthält.

Um aber den Eisengehalt von »Eiseneiern« im Verhältnis zum Eisengehalt gewöhnlicher Hühnereier klar beurteilen zu können, wird es notwendig sein, der Frage näher zu treten; ob dieser in der Litteratur angegebene mittlere Eisengehalt des gewöhnlichen Hühnereies einigermafsen konstant ist oder aber gröfsere Schwankungen zeigt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über einige neuere Analysen, die (abgesehen von der Untersuchung von Lebbin) lediglich zum Zweck der Eisenbestimmung gemacht wurden:

Eisenoxydgehalt von 100 g frischer Eisubstanz gewöhnlicher Hühnereier.

	Lebbin[2])	Loges-Pingel[3])	Bunge-Socin[4])	Hartung[5])
100 g	mg	mg	mg	mg
Eiweifs	5,7	2,4	Spur (Bunge)	1,0
Dotter	37,0	8,8	10,8	10,5
Ei (Eiweifs + Dotter)	16,5	4,7	—	4,4

1) Vgl. Leipziger Geflügelztg. 1900, H. 5 S. 70.

2) Lebbin, Über die Verteilung der Nährstoffe in den Hühnereiern Zeitschr. f. öffentl. Chemie 1900, Bd. 6 S. 148—149. (1 Analyse.)

3) Loges und Pingel a. a. O. (1 Analyse.)

4) Socin, In welcher Form wird das Eisen resorbiert? Zeitschr. physiol. Chemie 1891, Bd. 15 S. 106, 108, 110, 112. (Mittel von 8 Untersuchungen des Eidotters.) — Bunge, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1892, Bd. 16 S. 174. (Eiweifs.)

5) Mittel der beiden oben mitgeteilten Analysen.

Berechnet man aus diesen Zahlen den Eisengehalt eines Eies, eines Eiweifs, eines Dotters[1]), so ergibt sich:

	Lebbin	Loges-Pingel	Bunge-Socin	Hartung
	mg	mg	mg	mg
1 Eiweifs	1,7	0,7	Spur	0,3
1 Dotter	5,7	1,5	1,7	1,9
1 Ei (1 Eiweifs + 1 Dotter) . . .	7,4	2,2	—	2,2

Das Ergebnis der Analysen von Bunge-Socin, Loges-Pingel, sowie das Resultat meiner Untersuchungen zeigt eine auffallende Übereinstimmung: in **100** g frischer Eisubstanz (Eiweifs und Dotter) **4,4** bis **4,7** mg Eisenoxyd; in **100** g wasserhaltigem Dotter **8,8** bis **10,8** mg Eisenoxyd; im Eiweifs nur sehr geringe Eisenmengen.

Ganz bedeutend weicht dagegen von diesen Resultaten das Ergebnis von Lebbins Analyse ab. Er wies im normalen Eiweifs sowohl wie im normalen Dotter etwa die drei- bis vierfache Eisenmenge nach.

Worauf diese hohen Eisenwerte bei den Untersuchungen von Lebbin beruhen, läfst sich nicht beurteilen. Allerdings bestehen normalerweise gewisse Schwankungen im Eisengehalt des Hühnereies, die sich, wie Socin[2]) nachgewiesen hat, besonders in den Frühjahrseiern einerseits und den Herbsteiern anderseits geltend machen. Socins Analysen ergeben für die von Februar bis Mai gelegten Eier durchschnittlich einen Gehalt von 12,9 mg Eisenoxyd in 100 g frischem Dotter, für die Eier von Juni bis September im Durchschnitt 8,6 mg Eisenoxyd. Als Maximum fand Socin in 100 g wasserhaltigem Dotter **16,7** mg Eisenoxyd (im Februar), als Minimum **7,3** mg Eisenoxyd (im September).

1) Zur Berechnung wurden die von den betreffenden Autoren gemachten Angaben über Gewicht von Eiweifs und Dotter benutzt; wo Notizen darüber fehlten, auf Grund der mitgeteilten Angaben von C. v. Voit, König und Hartung als mittlere Zusammensetzung angenommen: 1 Eiweifs 30,6 g; 1 Dotter 17,0 g.

2) Socin, a. a. O. S. 112.

Auf Grund der 11 Untersuchungen von Bunge-Socin (8), Loges-Pingel (1) und meiner Analysen (2) erhält man also etwa folgendes Bild von dem mittleren Eisengehalt gewöhnlicher Hühnereier und den physiologischen Schwankungen desselben:

Mittlerer, minimaler und maximaler Eisenoxydgehalt von 100 g frischer Eisubstanz gewöhnlicher Hühnereier.

	Mittel	Minimum	Maximum
100 g	mg	mg	mg
Eiweifs . .	1,2	Spur	2,4
Dotter . .	10,6	7,3	16,7
Ei (Eiweifs[1]) +Eidotter)	4,6	2,8	7,5

Ein Eiweifs von dem mittleren Gewicht von 30,6 g, ein Dotter von 17,0 g, sowie ein Ei (Eiweifs und Dotter) von 47,6 g hat demnach ungefähr folgenden Gehalt an Eisenoxyd:

	Mittel	Minimum	Maximum
	mg	mg	mg
1 Eiweifs . .	0,4	Spur	0,7
1 Dotter . .	1,8	1,2	2,8
1 Ei (1 Eiweifs +1 Dotter)	2,2	1,3	3,6

Die physiologischen Schwankungen im Eisengehalt normaler Hühnereier sind hiernach nicht unbeträchtlich: von **2,8** mg Eisenoxyd bis **7,5** mg in 100 g frischer Eisubstanz bei einem mittleren Eisenoxydgehalt von **4,6** mg.

Eisengehalt der »Eiseneier«.

Bei meinem Fütterungsversuch mit eisenreichem Futter (Zusatz von citronensaurem Eisenoxyd zum Futter) trat schliefslich, wenn auch erst nach einer Reihe von Wochen, eine gewisse Erhöhung des Eisengehalts der Hühnereier ein. Die Anreicherung an

1) Bei einem Verhältnis von 64,2 % Eiweifs und 35,8 % Dotter.

Eisen hielt sich aber in sehr bescheidenen Grenzen. 100 g Eisubstanz (Eiweifs und Dotter) enthielten vor Beginn der Eisendarreichung im Mittel 4,4 mg Eisenoxyd, nach $3^1/_2$ wöchiger Eisenfütterung 4,5 mg, nach reichlich 2 Monaten 7,4 mg, nach einjähriger Eisendarreichung 7,3 mg Eisenoxyd.

Bei Beurteilung dieser Anreicherung an Eisen ist in Betracht zu ziehen, dafs die Eier vor Beginn des Eisenzusatzes zum Futter zur günstigsten Jahreszeit (im Frühling) untersucht wurden, während die »Eiseneier« im Juni bezw. im August zur Untersuchung kamen, also in Monaten, in denen unter sonst gleichen Verhältnissen auf Grund der Socinschen Analysen eher eine Verminderung des Eisengehalts zu erwarten gewesen wäre.

Immerhin darf nicht übersehen werden, dafs der Eisengehalt der Hühnereier nach langer Eisendarreichung sich nicht über den maximalen Eisengehalt gewöhnlicher Hühnereier erhob. Ich wies im Dotter der »Eiseneier« im Maximum 0,0165 % Eisenoxyd nach, Socin in 100 g Dotter gewöhnlicher Hühnereier als Maximum 0,0167 % Eisenoxyd.

Der Effekt der Eisenfütterung war also im ganzen nicht bedeutend und bewegte sich innerhalb der Grenzen normaler physiologischer Abweichungen. Die von Aufsberg angekündigte Steigerung auf die achtfache Höhe des gewöhnlichen Eisengehalts wurde nicht entfernt erreicht. Der Eisengehalt des »Eiseneies« nach länger dauernder Eisendarreichung verhielt sich zum Eisengehalt des Hühnereies vor Beginn der Eisenfütterung etwa wie 7,4 : 4,4, d. i. wie 1,7 : 1.

Dabei ist bemerkenswert, dafs nach einer kurzdauernden ($3^1/_2$ wöchigen) Eisendarreichung eine deutliche Wirkung überhaupt noch nicht zu bemerken war; dafs anderseits eine sehr lange dauernde (einjährige) Eisenfütterung keinen gröfseren Erfolg erzielte als eine zweimonatliche Fütterung. Die Anreicherung an Eisen geht, wie sich daraus vermuten läfst, offenbar nicht über ein bestimmtes Maximum hinaus, gleichviel wie lange Eisenzusatz zum Futter gegeben wird.

Ferner ist zweifellos unwichtig, welches Eisenpräparat man zum Zweck der Erzielung von »Eiseneiern« anwendet.

Selbst ob man anorganische oder organische Eisenmittel nimmt, dürfte im Effekt nicht viel ausmachen. Denn eine ganze Anzahl neuerer Versuche[1]) hat bewiesen, dafs auch anorganische Eisenverbindungen (hauptsächlich im Duodenum und im obern Teile des Dünndarms) resorbiert und vom Organismus assimiliert werden. Bedingung ist nur, dafs das betreffende Eisenpräparat, das man als Eisenzusatz zum Futter wählt, von den Hühnern gut genommen und dauernd vertragen wird.

Aufsberg ist übrigens nicht der einzige, der durch Eisenfütterung einen höheren Eisengehalt des Hühnereies zu erzielen suchte. Bereits vor ihm hat Tirmann[2]) in Verbindung mit Kobert in dieser Richtung Experimente gemacht. Tirmann fütterte Hühner mit Ferrohämol (Kobert) und zwar in Dosen von 1,0 g täglich in Pillenform (1 g Ferrohämol[3]) = 2,6 mg fe = 3,7 mg fe_2O_3). Er bemerkte (nach Behandlung des Dotters mit Tannin, Schwefelammonium und Ferrocyankalium mit Salzsäure mikroskopisch eine Zunahme des Eisens im Dotter; er beobachtete zugleich, dafs die Eisenablagerung eine gewisse Grenze nicht überschreitet, dafs vielmehr die Intensität der Reaktion bei längerer Darreichung nicht stetig zunimmt. Dies stimmt mit dem Ergebnis meines Versuchs durchaus überein.

Neuerdings sind auch, wie es scheint, unabhängig von Aufsberg, im Hühnerhof »Eisen-Ei« in Oldesloe Versuche gemacht

1) Vgl. u. a. Jaquet, Über die Resorbierbarkeit der anorganischen Eisenverbindungen im Organismus. Therapeut. Monatshefte 1901, Bd. 15 H. 7. — A. Hofmann, Die Rolle des Eisens bei der Blutbildung. Virchows Archiv 1900, Bd. 160 H. 2 S. 235. — F. Müller, Experimentelle Beiträge zur Eisentherapie. Deutsche med. Wochenschr. 1900, Bd. 26 No. 51. — Abderhalden, Die Resorption des Eisens, sein Verhalten im Organismus und seine Ausscheidung. Zeitschr. f. Biologie 1900, N. F. Bd. 21 S. 113. — Abderhalden, Die Assimilation des Eisens. Ebenda S. 193—270.

2) Tirmann, Görbersdorfer Veröffentlichungen. (Stuttgart) 1898, Bd. 2 S. 103; Tirmann, Ebenda S. 420; (Referat: Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte der gesamten Medizin 1898, 33. Jahrg. Bd. 1 S. 369); vgl. auch Kobert, Pharmaceutische Zeitung 1900, Bd. 45 S. 397.

3) Vgl. v. Noorden (Über Chlorose) in Nothnagels Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie. 1897, Bd. 8 2. Teil.

worden, stark eisenhaltige Eier zu produzieren, nach dem Wortlaut des Prospekts mit dem geradezu erstaunlichen Erfolge, dafs die Eier »den hohen Durchschnittsgehalt von ca. 40 mg Eisen (Fe_2O_3) pro Ei« aufweisen! Ältere Hühner sollen »bis zu 50 mg geben«, jüngere »zuweilen bei einem Eisengehalt von 20—25 mg stehen bleiben.«

Es ist nicht uninteressant, die verschiedenen Versuche, »Eiseneier« zu gewinnen, untereinander zu vergleichen. Eine tabellarische Übersicht möge die verschiedenen Erfolge und Mifserfolge in dieser Hinsicht veranschaulichen:

Eisenoxydgehalt von 100 g »Eisenei«.

	»Eisenei«					
	v. Hühnerhof »Eisenei« Oldesloe [1])	nach Aufsberg [2])	nach Aufsberg [3])	nach Aufsberg [4])	nach Aufsberg [5])	nach Hartung (Maxim.) [6])
100 g	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Eiweifs . .	—	—	—	—	4,0	2,3
Dotter . . .	—	—	—	—	9,5	16,5
Ei (Eiweifs + + Dotter) .	ca. 72	31,3	30,6	2,6	5,9	7,4

Dem entspricht etwa folgender Eisenoxydgehalt eines »Eiseneies« von mittlerem Gewicht:

	I. Oldesloe [1])	II. Aufsberg [2])	III. Aufsberg [3])	IV. Aufsberg [4])	V. Aufsberg [5])	VI. Hartung (Maxim.,[6])
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
1 Eiweifs . .	—	—	—	—	1,2	0,8
1 Dotter . .	—	—	—	—	1,6	3,1
1 Ei (1 Eiweifs + 1 Dotter)	34,5	14,9	14,6	1,2	2,8	3,9

1) Im Prospekt des Hühnerhofes »Eisenei«-Oldesloe heifst es: Die letzten Analysen der vereidigten Chemiker Dres. Vogtherr und Lohmann, Berlin ergaben: { 34 mg fe_2O_3 »im Ei« / 35 » fe_2O_3 » » .

2) Leipz. Geflügelztg. 1900, H. 5 S. 71 Analyse von Dr. Aufrecht-Berlin.

3) Nutzgeflügelzucht 1900, No. 38 S. 436 (dreiwöchige Fütterung). Analyse von Dr. Schulte und Amsel, Kiel.

4) Nutzgeflügelzucht 1900, No. 40 S. 452 (dreiwöchige Fütterung).

5) Loges und Pingel, Nutzgeflügelzucht 1900, No. 32 S. 373—374 (dreiwöchige Fütterung). Analyse von Prof. Loges und Dr. Pingel.

6) Nach zweimonatlicher Fütterung mit citronensaurem Eisenoxyd.

Die Angaben über den Eisengehalt der »Eiseneier« weichen demnach ganz bedeutend voneinander ab: von 2,6 mg Eisenoxyd bis ca. 72 mg Eisenoxyd in 100 g Eisubstanz! Eier von Hühnern, die genau die gleiche Zeit (3 Wochen) nach derselben Methode (Aufsberg) Eisenzusatz zum Futter erhalten hatten, enthielten nach dem Wortlaut der Gutachten bald »fast achtmal soviel Eisen, als für die gewöhnlichen Hühnereier in der Litteratur angegeben wird«, bald kaum die Hälfte des Normaleisengehalts eines gewöhnlichen Eies.

In wie weit etwa Verschiedenheiten in der Untersuchungsmethode zu diesen abweichenden Resultaten beigetragen haben können, läfst sich nicht eruieren, da Angaben über die Methode der Eisenbestimmung bei all den genannten Veröffentlichungen über »Eiseneier« fehlen. Doch läfst sich so viel behaupten, dafs die meisten dieser Publikationen nicht auf exakten wissenschaftlichen Versuchen basieren.

Meist hat man sich vielmehr darauf beschränkt, nach einer mehrwöchigen Eisendarreichung einem Chemiker eine Anzahl »Eiseneier« zur Untersuchung einzusenden und das Ergebnis der Analyse kurzweg mit einem Mittelwert in Vergleich zu stellen. Da nun aber der Eisengehalt eines gewöhnlichen Hühnereies kein vollkommen stabiler Begriff ist, sondern mancherlei Schwankungen unterworfen ist, genügt eine solche einmalige Untersuchung einer Serie »Eiseneier« nicht, um sich ein sicheres Urteil über den Erfolg der Eisenfütterung zu bilden.

Nur fortgesetzte Untersuchungen von Eiern desselben Hühnerstammes vor und nach der Eisendarreichung können ein einigermafsen sicheres Ergebnis liefern. Eine andere Möglichkeit zu einem exakten Resultat zu gelangen, besteht darin, zu gleicher Zeit Eier von Hühnern desselben Alters und Stammes zu untersuchen, die bei sonst gleichem Futter teils Eisen erhielten, teils nicht. Diesen Weg schlugen Loges und Pingel[1]) ein. Sie wiesen nach dreiwöchiger Fütterung mit dem Aufsbergschen Mittel in den »Eiseneiern« 0,0059 % Eisenoxyd nach, während die Analyse der gewöhnlichen Eier 0,0047 % Eisen-

1) Loges und Pingel, a. a. O.

oxyd ergab: ähnlich wie bei meinem Versuch nach kurzdauernder Eisendarreichung noch keine erhebliche Anreicherung an Eisen.

Mögen also auch einzelne enthusiastischere Berichte über die Gewinnung von stark eisenhaltigen Eiern vorliegen, soviel steht jedenfalls fest, dafs man sich vor einer Überschätzung dieser von manchen Seiten so warm angepriesenen »Eiseneier« in Acht nehmen mufs. Wirklich angenommen, dafs durch eine geeignete Eisendarreichung hie und da ein verhältnismäfsig hoher Eisengehalt des Hühnereies erzielt wird, so ist doch schwer zu kontrollieren, ob der Eisengehalt auch konstant hoch bleibt.

Das »Eisenei« ist also ein Medikament, auf das man sich nicht sicher verlassen kann, und es dürfte ein Luxus sein, für ein solches Ei 20 bis 25 Pf.[1]) auszugeben.

Man kann dem Landwirt darum auch kaum raten, die Hühner dauernd mit Eisenpräparaten zu füttern. Eher wird sich empfehlen, eisenreiche Futtersorten besonders zu berücksichtigen.

Praktischer Wert des Eisengehaltes der Hühnereier.

Es ist selbstverständlich, dafs der Eisengehalt des gewöhnlichen Hühnereies eine gewisse Bedeutung hat, so klein die im Ei enthaltene Eisenmenge absolut ist.

Bekanntlich ist in den Nahrungsmitteln überhaupt wenig Eisen enthalten, und doch genug, um den Eisenbestand des Körpers zu erhalten. Nach Boussingault[1]) braucht der Erwachsene in der täglichen Nahrung 59—91 mg metallisches Eisen = 84—130 mg Eisenoxyd. Nächst dem Fleisch kommt das Eidotter als eisenzuführendes Nahrungsmittel für den Eisenhaushalt des Körpers mit in erster Linie in Betracht. Denn im Vergleich zu den übrigen Hauptnährmitteln steht das Eidotter in Bezug auf seinen Eisengehalt mit obenan, wie folgende kleine Übersicht zeigt:

1) Preis der »Eiseneier« nach Vorschlag von Aufsberg 20 Pf., nach dem Prospekt des Hühnerhofes »Eisenei«-Oldesloe 25 Pf.

Eisenoxydgehalt von 100 g verschiedener frischer Nährmittel[1]).

100 g	mg fe_2O_3
Linsen[2])	11,9
Eidotter[3])	10,6 (7,3—16,7)
Erbsen[2])	7,9
Mageres Rindfleisch[4])	5,7
Spinat[2])	5,1
Ei (Eiweifs und Eidotter)[3])	4,6 (2,8—7,5)
Äpfel[2])	2,9
Kartoffeln[2])	2,3
Reis[5])	2,1 (1,2—3,1)
Weizenmehl[5])	2,0
Graupen[5])	1,8
Karotten[5])	1,6
Kuhmilch	0,4.

Neben Ei und Fleisch haben, wie aus dieser Tabelle hervorgeht, die Hülsenfrüchte, sodann der Spinat einen relativ hohen Eisengehalt. Doch spielen bekanntlich letztere Nahrungsmittel auf dem Speisezettel keine so grofse Rolle wie Fleisch und Ei. Auffallend gering ist anderseits der Eisengehalt der Milch, wie Bunge feststellte. Ein Eidotter enthält auf Grund der mitgeteilten neueren Analysen durchschnittlich etwa 1,8 mg Eisenoxyd oder beinahe ebensoviel Eisen wie in einem halben Liter Kuhmilch enthalten ist. Dieser relativ hohe Eisengehalt des Eidotters ist bei der Regelung der Ernährung, besonders bei der Kinderernährung, wohl beachtenswert!

1) Der Wassergehalt der betreffenden Nährmittel ist nach den Angaben von König (a. a. O. Bd. 2) in Betracht gezogen.

2) Vgl. Bunge, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1892, Bd. 16 S. 174. Analysen von Bunge und Boussingault.

3) Mittelwert nach den Analysen von Bunge-Socin, Loges-Pingel, Hartung.

4) Bunge, Analyse der anorganischen Bestandteile des Muskels. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1885, Bd. 9 S. 61.

5) Analysen von Häusermann, vgl. Häusermann, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1897, Bd. 23 S. 586—588.

6) Bunge, Zeitschr. f. Biologie 1874, Bd. 10 S. 308.

Anders liegen die Verhältnisse bei Chlorose. Hier ist der Eisenbedarf ein wesentlich höherer, mag das nun durch einen gröfseren Eisenverlust, eine vermehrte Eisenausscheidung bedingt sein, die nach v. Höfslin[1]) bei Chlorose nicht selten nachweisbar ist, oder mag die Zweckmäfsigkeit einer vermehrten Eisenzufuhr bei Chlorotischen dadurch begründet sein, dafs das cirkulierende Eisen bei Blutarmen die blutbildenden Organe, insbesondere das Knochenmark, zu einer erhöhten Thätigkeit anreizt.[2])

Bei Chlorose kommt man daher mit dem Nahrungseisen allein oft nicht aus, zumal da mit diesem Krankheitszustand oft Appetitmangel verbunden ist und in diesen Fällen das täglich aufgenommene Nahrungsquantum relativ gering ist. Man wird hier vielmehr Eisenpräparate nicht entbehren können. Das »Eisenei« aber in die lange Liste dieser Eisenpräparate einzufügen, ist nicht zu empfehlen. v. Noorden[3]) gibt in seiner Abhandlung über die Chlorose als durchschnittlich geeignete Tagesdosis beim Erwachsenen 0,1 g metallisches Eisen = 0,14 g Eisenoxyd an. Das beliebte Eisenpräparat Ferrum oxydatum saccharatum solubile enthält etwa 3 % metallisches Eisen[4]); die von v. Noorden angegebene Tagesdosis von 0,1 g fe (0,14 g fe_2O_3) ist also enthalten in etwa $3^1/_3$ g Ferr. oxyd. sacch. (Preis dieser Dosis etwa 2 Pf.) Vom citronensauren Eisenoxyd, das 18,7 % metallisches Eisen enthält, braucht man reichlich $^1/_2$ g, um 0,1 g Eisen aufzunehmen. (Preis dieser Tagesdosis etwa 3 Pf.) Beide Präparate werden, wie bekanntlich noch eine ganze Reihe anderer Eisenmittel, gut vertragen.

Die von mir erzielten »Eiseneier« dagegen enthielten im Maximum 3,9 mg Eisenoxyd in einem Ei. Um dem Körper

---

1) v. Höfslin, Über Hämatin und Eisenausscheidung bei Chlorose. Münchener med. Wochenschr. 1890, No. 14 S. 248.

2) Vgl. A. Hofmann, a. a. O. — F. Müller, a. a. O.

3) v. Noorden, a. a. O., S. 157.

4) Vgl. Eulenburgs Real-Encyclopädie 1895, 3. Aufl. Bd. 6 S. 332.

0,1 g metallisches Eisen (0,14 g Eisenoxyd) zuzuführen, würde man täglich 36 von diesen »Eiseneiern« essen müssen. Das würde (nach den Angaben von Aufsberg bezw. nach dem Prospekt des Hühnerhofs »Eisenei«-Oldesloe) täglich 7 M. 20 Pf. bis 9 M. kosten! Eine derartige Medikation dürfte wohl keinem Patienten behagen!

Bemerkungen zur „Abwehr gegen Herrn Prausnitz von N. Zuntz".

Von

W. Prausnitz.

Meine Kritik[1]) einer Arbeit von K. Knauthe[2]) hat Herrn Prof. Zuntz veranlafst, eine Abwehr gegen mich zu veröffentlichen[3]), welche ich nicht unerörtert lassen kann.

Herr Prof. Zuntz ist der Ansicht, dafs ich mit der aus seinem Institut hervorgegangenen Knautheschen Arbeit auch ihn und sein Institut angegriffen habe. Ich bemerke hierzu, dafs ich weder ihn noch sein Institut auch nur mit einem Wort genannt habe[4]), was sicherlich geschehen wäre und sehr leicht hätte geschehen können, wenn ich beide hätte treffen wollen. Ich stehe nun seit fast zwei Jahrzehnten im litterarischen Leben und bin, da ich ziemlich viel publiziert habe, auch in manchen litterarischen Kampf verwickelt worden. Ich habe mich hierbei niemals gescheut, offen zu reden, wenn ich dies im Interesse der Wissenschaft für notwendig hielt. Das wird und mufs mir ein Jeder bestätigen, der meine Arbeiten verfolgt hat; ich kann deshalb davon absehen, ernste Autoren anzuführen, welche

1) Ztschr. f. Biol. 1901, Bd. 42 S. 400.

2) Stoffwechselversuche am Menschen mit Soson. Fortschr. d. Medicin. 1900, Bd. 18 S. 101.

3) Ztschr. f. Biol. 1902, Bd. 43 S. 112.

4) Ich habe auch nicht erwähnt, dafs Herr Knauthe Assistent des Herrn Professor Zuntz ist.

in bekannten und verbreiteten Zeitschriften ihre Anerkennung ausgesprochen haben, dafs ich speciell gegen sicherlich vorhandene Mifsstände bei Ausführung und Publikation sog. Ausnützungsversuche energisch aufgetreten bin.

Obwohl also Herr Prof. Zuntz keinen genügenden Grund hatte, anzunehmen, dafs ich ihn und sein Institut angreifen wollte, bin ich jedoch gern bereit, hier ausdrücklich zu erklären, dafs ich dies nicht beabsichtigte, und dafs ich keine Veranlassung habe, die wissenschaftliche Thätigkeit des Herrn Prof. Zuntz anzugreifen oder gar blofszustellen.

Es wird kein Institut geben, aus welchem eine gröfsere Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten herausgekommen ist, unter denen nicht eine Arbeit war, welche zu einer scharfen Kritik Veranlassung gegeben hätte. Das ist nun einmal unvermeidbar, und es ist unrichtig, anzunehmen, dafs mit der Kritik einer Arbeit auch die ganze Thätigkeit eines Instituts und seines Leiters getroffen sein mufs, besonders dann nicht, wenn in der Besprechung weder das Institut noch dessen Leiter genannt wird.

Nach dieser Erklärung der Sachlage kehre ich zu meiner Kritik der Knautheschen Arbeit zurück.

Knauthe hatte zwei Versuche mit Soson, einem getrockneten Fleischpräparat, angestellt und gefunden, dafs in einem der beiden Versuche die »Ausnützung« des Sosons noch besser war als die des Fleisches. Dieses Resultat mufste ich nach zahlreichen sorgfältigen, von anderen Autoren und von mir angestellten Versuchen für unmöglich halten. Zum Beleg hierfür führte ich an, dafs der Stickstoffgehalt der Knautheschen Kote ein derartiger war, wie dies sonst noch nie beobachtet wurde. Obwohl in den beiden aus Vorperiode (Fleisch), Sosonperiode und Nachperiode (Fleisch) stets die fast genau gleichen Bedingungen eingehalten wurden, war doch der Stickstoffgehalt ein sehr ungleicher.

	Versuch I	Versuch II
Vorperiode . . .	2,7 %	6,0 %
Soson	3,4 »	4,4 »
Nachperiode . .	2,0 »	7,0 »

Herr Prof. Zuntz macht nun darauf aufmerksam, dafs ich nicht darauf geachtet hätte — ich gebe dies gern zu — dafs Knauthe die Kotabgrenzung mit grofsen Mengen Kohle ausgeführt hatte, und berichtet weiter, dafs von der grofsen eingeschobenen Kohlensäule die eine Hälfte zum nachfolgenden, die andere zum vorangehenden Kote genommen, mit demselben verrieben und getrocknet wurde, und dafs bei dem ersten Versuche erheblich mehr Kohle verwendet wurde als bei dem zweiten. Hierdurch erscheinen die Knautheschen Zahlen zunächst plausibel, sie sind und bleiben aber dennoch, wie eine genauere Betrachtung seiner Arbeit lehrt, unmöglich. Wir können nämlich aus der Arbeit aufser den Stickstoffzahlen noch die Trockensubstanzmengen entnehmen — die Ätherextraktbestimmungen sind nur in einem Versuche gemacht, die Aschebestimmungen fehlen ganz.

Wäre nun durch die grofsen Kohlenmengen der relative N-Gehalt der Kote in Versuch I auf 2,7 bezw. 2,0 herabgedrückt worden, so müfste dies doch an der entsprechend erhöhten Trockensubstanz zu bemerken sein, was jedoch nicht der Fall ist.

Knauthe hat in der Vor- und Nachperiode Fleischmengen mit gleichem N-Gehalt genossen.

Gibt man nun zu, dafs bei Versuch II der relative N-Gehalt des Kotes der Vor- und Nachperiode durch die genossene und mitverarbeitete Kohle auf 6,0 bezw. 7,0[1]) herabgedrückt wurde, was ganz gut möglich ist, so wären kolossale Kohlenmengen notwendig gewesen, um einen unter fast genau gleichen Bedingungen produzierten Kot auf einen prozentischen N-Gehalt von 2,7 bezw. 2,0 (Versuch I) herabzudrücken. Thatsächlich kann aber Knauthe solch grofse Kohlenmengen gar nicht genossen haben. Ist ja doch, wie aus der kleinen Tabelle (S. 216) ersichtlich ist, der Gehalt an Trockensubstanz in Nachperiode II nur um **30%** niedriger als in Nachperiode I, während der relative N-Gehalt in den entsprechenden Versuchen von 2,0 auf 7,0, d. i. um **250%** erhöht wurde!!

1) Unter analogen Verhältnissen wird ein Kot mit 7—8% N ausgeschieden.

Der Kot enthielt pro Tag:

	Versuch I		Versuch II	
	Stickstoff	Trocken-substanz	Stickstoff	Trocken-substanz
	g	g	g	g
Vorperiode . . .	1,17	43,2	1,9	31,5
Sosonperiode . . .	1,62	46,8	1,78	39,6
Nachperiode . . .	0,99	50,0	2,4	34,7

Die Knautheschen Zahlen sind also, wie ich behauptet habe und noch behaupte, unmöglich, was ich noch mit einem weiteren Beispiel belegen möchte.

Knauthe hat in Vor- und Nachperiode von Versuch I und II stets dieselben N-Mengen mit dem Fleisch und der Beikost aufgenommen, während er pro Tag ausschied:

	Versuch I	Versuch II
Vorperiode	1,17	1,9
Nachperiode . . .	0,99	2,4.

Bei derselben Nahrung hat dieselbe Versuchsperson in Nachperiode II fast die $2^1/_2$fache Menge Stickstoff ausgeschieden wie in Nachperiode I.

Derartige Differenzen sind noch nie beobachtet worden; sie sind ganz unmöglich, wenn, wie im vorliegenden Fall, die »Kotabsonderung durchaus normal« war und »von der bei der Verabreichung derartiger Präparate mitunter beobachteten Diarrhöe auch nicht eine Spur wahrnehmbar, das Allgemeinbefinden ein vorzügliches« war.

Kämen derartige Differenzen bei richtig ausgeführten Ausnützungsversuchen normalerweise vor, so hätte die Anstellung derselben überhaupt keinen Zweck!

Unter diesen Verhältnissen kann ich von dem Urteil, das ich über die Knauthesche Arbeit gefällt habe, nichts zurücknehmen und könnte schliefsen, wenn nicht Herr Prof. Zuntz in seiner »Abwehr« zur Offensive übergegangen wäre, auf welche ich doch noch mit einigen Worten eingehen mufs.

Herr Prof. Zuntz bemängelt die von mir publizierten Untersuchungen. Bei denselben wurde, wie das ja ziemlich allgemein üblich ist, aufser dem Nährpräparat selbst eine möglichst einfache Beikost gegeben. Einnahmen und Ausgaben wurden, wie dies leider nicht allgemein üblich ist, sorgfältigst untersucht, und wurden auch die Versuche stets an einigen Personen ausgeführt.

Bei der Berechnung der Versuchsergebnisse wurde zunächst die gesamte Einnahme zur gesamten Ausgabe in Beziehung gebracht und der Verlust der Einnahmen durch den Kot prozentisch berechnet. Da nun die Einnahmen aus Fleisch und Beikost, in den analogen Versuchsreihen aus Nährpräparat und Beikost bestanden, so wäre es sicherlich falsch gewesen, wenn die gefundene Kotzahl allein auf das genossene Fleisch bezw. das Fleischpräparat bezogen worden wäre, da bei der Verdauung der Beikost ja ebenfalls Kot gebildet wird. Ich habe deshalb, wie dies ja schon seit vielen Jahren geschieht — zuerst ist es meines Wissens von Rubner in seiner bekannten Ausnutzungsarbeit[1]) so gemacht worden — zu berechnen gesucht, welcher Verlust dem Fleisch bezw. Fleischpräparat allein zuzuschreiben ist. Ich sagte wörtlich: »Da das Verhalten (die Kotbildung) dieser Beikost bekannt ist, konnte mit einer annähernden Genauigkeit[2]) berechnet werden, welche Kotmenge (Ausnützung) auf Fleisch und Fleischmehl allein zu rechnen ist. Diese Rechnung ist in den Tab. 16 und 17 ausgeführt. Auf Grund sehr genauer, in früherer Zeit in unserer Anstalt ausgeführten Versuche haben wir als Verlustkoëffizient dieser Beikost für die organischen Substanzen 3,13 %, für den N (Eiweifs) 16,34 % eingesetzt und ergibt sich als Hauptresultat[3]):

Es wurden im Mittel ausgeschieden:

	Organische Substanz	N (Eiweifs)
Vom aufgenommenen Fleisch . .	0,8	0,9
» » Fleischeiweifs	4,9	5,8.

Trotz der Einwände von Zuntz halte ich auch jetzt noch diese Art der Berechnung der Resultate für die einzig richtige und bin der Ansicht, dafs das gefundene »Hauptresultat«, wenn

1) Ztschr. f. Biol. 1879, Bd. 15 S. 115.

2) Im Original nicht gesperrt gedruckt.

3) Im Original nicht gesperrt gedruckt.

auch nicht auf absolute Richtigkeit, so doch auf »annähernde Genauigkeit« Anspruch erheben kann. Obwohl bei den einzelnen Versuchen in einigen Fällen negative Werte gefunden wurden, so kommt dies eben beim »Hauptresultat« gar nicht in Betracht.

Diese Art der Berechnung und Verwertung der Ergebnisse ist jedenfalls viel berechtigter als die von Knauthe geübte.

Knauthe hat bei seinen Versuchen nur die Ausnutzung des N bestimmt bezw. berechnet und dann die gefundene Zahl auf Fleisch resp. Soson bezogen, die gesamte von ihm genossene Beikost aber vollständig vernachlässigt. Am Schlufs spricht er dann auf Grund dieser so ermittelten Zahlen überhaupt nur von der »Verdaulichkeit des Fleisches« und der »Verdaulichkeit des Soson«. Dieses abgekürzte Verfahren erspart zwar sehr viel Analysen[1]) und damit sehr viel Zeit, dürfte aber allgemeine Verurteilung finden, da man aus den N-Zahlen allein keinesfalls so weitgehende Schlüsse auf das ganze Nahrungsmittel bezw. Präparat ziehen darf, selbst dann nicht, wenn das Fleisch bezw. das Soson allein gereicht worden wäre, nicht aber, wie im vorliegenden Fall, neben einer an N-freien Stoffen sehr reichen Beikost.

Prof. Zuntz bemängelt weiterhin, die aus unseren Untersuchungen gezogenen Schlüsse. Ich hatte gesagt, dafs »die erhaltenen Resultate so günstige sind, dafs die gefundenen Differenzen dem Fleisch gegenüber für die praktische Verwendung des betreffenden Präparats kaum von Bedeutung sind. Die Differenzen haben eigentlich nur wissenschaftliches Interesse, wie dies in meiner Arbeit näher auseinandergesetzt ist. Wären unsere Untersuchungen nicht so sorgfältig ausgeführt und die Versuche an mehreren Personen gemacht worden, so könnte man überhaupt annehmen, dafs die Differenzen innerhalb der Fehlergrenzen derartiger Versuche liegen.

Nun bemängelt Prof. Zuntz die obige Schlufsfolgerung unter Hinweis darauf, dafs bei der Aufnahme von Fleisch und Pökel-

1) Bei dem Versuche I wurden vom Kot Stickstoff und Ätherextrakt, bei dem Versuche II nur der Stickstoff bestimmt.

fleisch mit der gleichen Beikost 6,45 bezw. 6,79 % des aufgenommenen Stickstoffes mit dem Kote ausgeschieden wurden, während bei Ersatz des Fleisches durch das genannte Präparat 9,08 % ausgeschieden wurden, d. i. also eine Differenz von ca. 2½ %. »Die Versuche ergeben«, sagt Zuntz, »dafs das Fabrikat erheblich schlechter ausgenutzt wird als Fleisch.«

Demgegenüber brauche ich nur zu erwähnen, dafs Knauthe bei seinen von mir kritisierten Sosonversuchen in Vor- und Nachperiode bei stets gleicher Fleischkost mit stets derselben Beigabe an derselben Versuchsperson folgende Stickstoffverluste durch den Kot fand:

	Versuch I	Versuch II
Vorperiode . . .	5,39 %	8,8 %
Nachperiode . . .	4,58 »	11,06 »

das sind also Differenzen bis 6,5 %, bei gleicher Kost und derselben Versuchsperson! Und dennoch citiert Herr Zuntz mir gegenüber »das alte Wort vom Splitter und Balken«!

Prof. Zuntz hält sich weiterhin darüber auf, dafs ich bei der Berechnung der Resultate die zweite Dezimalstelle angegeben habe. Dieser Einwand ist nicht unberechtigt; ich hätte bei den Einzelresultaten, wie ich es bei den Hauptresultaten gethan habe, die zweite Dezimalstelle fortlassen sollen. Nur durfte Herr Prof. Zuntz diesen Einwand in seiner »Abwehr« nicht erheben, weil auch die Arbeiten seines Instituts, so die Knauthesche, an demselben kleinen Mangel leiden.

Herr Zuntz sucht dann meine Berechnungen lächerlich zu machen, indem er behauptet, ich hätte »aus drei Zahlen wie — 3,8, + 2,9, + 1,9 den Mittelwert 0,8« gezogen. Hier liegt ein Irrtum von Herrn Prof. Zuntz vor.

Es ist mir nicht eingefallen, aus den drei angegebenen Zahlen den angeführten Mittelwert zu ziehen. Wie aus der betreffenden Stelle leicht ersichtlich ist, entstand die Zahl[1]) 0,8, indem der Mittelwert des auf Fleisch bezogenen Verlustes aus den drei Versuchen in Beziehung zu dem Mittelwert der im Fleisch aufgenommenen organischen Substanz gebracht wurde:

1) Siehe Tab. 16 S. 393.

Es wurden nämlich als Mittel von drei Versuchen 115,7 organ. Substanz im Fleisch genossen und als Mittel 0,9 g, auf Fleisch bezogen, ausgeschieden, was 0,8% beträgt, genau soviel, als ich angegeben habe. Dafs Herr Zuntz den Mittelwert anders berechnete, als ich es machte, und dabei zu einem andern Resultat kam, konnte ihn noch lange nicht zu dem Versuche berechtigen, mich lächerlich zu machen. Aus der Anordnung der Tabellen, dann aber aus dem Umstande, dafs meine Berechnung bei den verschiedenen Versuchsreihen stets in gleicher Weise erfolgte, konnte Prof. Zuntz entnehmen, wie wenig berechtigt sein Vorwurf war.

Hiermit will ich meine Erwiderung schliefsen.

Wer sich die Mühe nimmt, sich auf Grund des vorliegenden Materials über die Differenz zwischen Herrn Prof. Zuntz und mir ein Urteil zu bilden, wird zu dem Resultat kommen, dafs es Hrn. Prof. Zuntz ebenso wenig gelungen ist, die Knautheschen Zahlen zu rechtfertigen, wie die von mir mitgeteilten Untersuchungen blofszustellen.

Ein Beitrag zu der Lehre vom Einflusse der Muskelarbeit auf den Stoffwechsel.

Von

Dr. **Igo Kaup.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Wien.)

Als eifrigen Sportsmann und Bergsteiger interessierte es mich, eigene Beobachtungen über den Einfluſs der Muskelarbeit auf den Stoffwechsel anzustellen. Ich selbst schien ein sehr geeignetes Versuchsobjekt abzugeben, da ich kräftigen Körperbau und leistungsfähige Muskulatur besitze und mich vollkommener Gesundheit, insbesondere auch eines selbst starken Anforderungen gewachsenen, ungemein regelmäſsig arbeitenden Verdauungsapparates erfreue.

Die Hauptfrage des Muskel-Stoffwechsels — die nach der Quelle der Muskelkraft — ist als im Sinne Voits entschieden anzusehen. Der Muskel arbeitet unter gewöhnlichen Verhältnissen auf Kosten von stickstofffreiem Materiale; die Muskelarbeit ist nicht notwendig mit einer Steigerung der Eiweiſszersetzung verbunden, wenn auch unter Umständen eine solche Steigerung eintritt, ja »in extremen Fällen, wenn gar kein Fett mehr im Körper vorhanden ist und in der Nahrung keine stickstofffreien Stoffe gereicht werden, nur vom Eiweiſs gezehrt wird und die Zerstörung desselben entsprechend der Arbeit wächst.«[1])

1) C. v. Voit, Hermanns Handbuch S. 3.

Anderseits weiſs man, daſs Muskel, die geübt werden, an Volumen und Masse zunehmen, wobei Eiweiſsansatz stattfinden muſs. Auf Rat des Herrn Prof. Gruber beschloſs ich, darüber eine Untersuchung anzustellen, ob es nicht unter günstigen Bedingungen schon während oder unmittelbar nach einer gröſseren Muskelleistung zu einem Eiweiſsansatze kommen könne. Um die Verhältnisse besser überblicken zu können, sollte ich die Ausscheidungen in kürzeren Perioden als ein Tag sammeln und untersuchen. Dies empfahl sich auch mit Rücksicht auf die noch immer ab und zu auftauchende Vermutung, es möchte während der Muskelarbeit vorübergehend zu einer Steigerung der Eiweiſszersetzung kommen, die in der darauffolgenden Ruhezeit rasch wieder durch einen Eiweiſsansatz ausgeglichen werde.

Die günstigsten Bedingungen für den Eiweiſsansatz schienen dann gegeben zu sein, wenn ein an und für sich muskelkräftiger Körper bei reichlicher Zufuhr von Nahrungseiweiſs und stickstofffreien Stoffen in untrainiertem Zustande eine erhebliche aber nicht übermäſsige Arbeit leistet. Es wurde daher beschlossen, die Versuche immer im Frühjahre anzustellen, wenn nach der langen Winterruhe, während deren die Muskulatur an Masse und Leistungsfähigkeit eingebüſst hat, die erste Bergbesteigung ausgeführt wird.

Der Beschreibung der einzelnen Versuche sei vorausgeschickt, daſs ich bei Beginn derselben im Frühjahre 1898 28 Jahre alt war, daſs mein Körpergewicht bei einer Körperlänge von 187 cm und einem Brustumfange von 107 cm um 80 kg schwankte. Mein Muskel- und Knochensystem ist stark entwickelt, mein Fettpolster mäſsig.

I. Versuch.

Der erste Versuch wurde Ende Mai 1898 angestellt. Die Versuchsperson sollte reichlichst mit Eiweiſs und stickstofffreien Nährstoffen in leicht resorbierbarer Form versehen, und die Mahlzeiten so verlegt werden, daſs auch während der Arbeitszeit selbst immer neue Zufuhr von Nahrungsmaterial — und zwar sowohl von Eiweiſs als von stickstofffreien Stoffen — in

die Säfte stattfände. Tag für Tag sollte die gleiche Nahrung in gleicher Menge aufgenommen werden. Die Mahlzeiten sollten täglich zu genau denselben Stunden verzehrt werden; die Verteilung der Tageskost auf die einzelnen Mahlzeiten täglich gleich bleiben.

Die Dauer des Versuches wurde auf 6 Tage bemessen. Zuerst sollte 3 Tage soviel als möglich körperliche Ruhe gehalten und der Eintritt konstanter Stickstoffausscheidung abgewartet werden, am 4. Tage eine mittlere äufsere Arbeit (von etwa 200000—300000 kg) geleistet, dann wieder durch 2 Tage Ruhe gehalten werden. Am Arbeitstage selbst, wie an dem ihm vorhergehenden und ihm nachfolgenden Ruhetage sollte der Harn in 2stündigen Perioden gesondert gesammelt und analysiert werden.

Die Nahrung für die ganze Versuchszeit wurde auf einmal zubereitet. Sie bestand pro Tag aus 360 g sog. »Pain« (aus ungeräucherten Rindszungen), aus 400 g Zwieback (aus feinstem Weizenmehle unter Zugabe von Eiern, Milch und etwas Zucker hergestellt), aus 190 g Rübenzucker, der teils in schwachem Thee, teils mit ein wenig Citronensäure in Wasser gelöst, genossen wurde und aus $^{1}/_{2}$ l Lagerbier als Schlaftrunk. Auch an den Ruhetagen wurde reichlich Wasser aufgenommen, um jede Zurückhaltung von Zersetzungsprodukten zu verhindern. Bei jeder Mahlzeit wurde täglich annähernd gleichviel Wasser getrunken. Einschliefslich Thee und Bier belief sich die täglich getrunkene Flüssigkeitsmenge etwa auf 2,5 l.

Nach meinen Analysen bezw. nach den der Litteratur entnommenen Mittelzahlen hatten die Nahrungsmittel folgende prozentische Zusammensetzung und lieferten in den täglich verzehrten Mengen folgende Quanten der einzelnen Nährstoffe und Kalorien.

(Siehe Tabelle auf S. 224.)

Jeden Tag wurde um 5 h morgens, nachdem die Blase entleert worden war, das Frühstück, bestehend aus 100 g Zwieback, 50 g Zucker und $^{1}/_{2}$ l Thee, eingenommen; um 9 h morgens das zweite Frühstück: 90 g Zungenpain, 100 g Zwieback und 30 g

Tabelle 1.

In 100 g frischer Substanz sind enthalten in g:

	N	Eiweifs (N × 6,25)	Fett	Kohle-hydrate	Kalorien
Zungenpain .	3,435	21,47	28,31	—	351,3
Zwieback . .	2,33	14,56	6,58	73,00	420,2
Rübenzucker .	—	—	—	99,90 [1])	409,6
Lagerbier . .	0,11	0,69	—	4,85 [2]) (+3,6 Alkoh.)	48,6
In der Tagesmenge sind daher enthalten in g:					
360 g Zungenpain	12,37	77,30	101,9	—	1264,6
400 » Zwieback .	9,32	58,24	26,3	292,8	1683,8
190 » Zucker . .	—	—	—	189,8	778,2
$^1/_2$ l Bier . . .	0,55	3,45	—	24,2 (+ 18,0 Alk.)	113,4 129,3
Im ganzen	22,24	138,99	128,2	506,8 (+ 18,0 Alk.)	3969,3

Zucker in Wasser gelöst, um 1 h mittags abermals 90 g Pain, 100 g Zwieback und 30 g Zucker; um 5 h nachmittags Limonade mit 50 g Zucker; um 7 h abends 180 g Pain, 100 g Zwieback und 30 g Zucker in Limonade. Um 8 h abends wurde $^1/_2$ l Bier getrunken.

Behufs Abgrenzung der Fäces wurde am Abend vor Beginn (26. Mai) und am Morgen nach Beendigung des Versuches (2. Juni) 1 l Milch getrunken und dazu etwas Käse verzehrt. Die Abgrenzung der Versuchsfäces gelang auf diese Weise recht gut. Die Stuhlgänge erfolgten täglich regelmäfsig fast zur selben Stunde.

Zur Vermeidung eines Verlustes an Stickstoff wurden die Fäces sofort bei der Entleerung in gut schliefsbaren Gläsern aufgefangen und mit verdünnter Säure übergossen.

Der Versuch wurde am 27. Mai 5 h früh in Wien begonnen. Am 28. Mai morgens begab ich mich mit der Eisenbahn nach Gstatterboden im Ennsthale, von wo der Gipfel des Tamischbachturms erstiegen werden sollte. Am 29. Mai verhielt ich mich möglichst ruhig bei kühlem, regnerischen Wetter; auch am 30. Mai war es sehr kühl und regnerisch. Mein Körper-

1) Nach den vorliegenden Mittelzahlen.

2) Stickstofffreies Extrakt und Alkohol nach den vorliegenden Mittelzahlen.

gewicht einschliefslich Ausrüstung betrug rund 90 kg. Kurz vor dem Abmarsche zählte ich 62 Pulsschläge und 18 Atemzüge pro Minute. Nach eingenommenem Frühstück wurde um 5 h 55' die Besteigung begonnen. Gstatterboden liegt 580 m über dem Adriatischen Meere. Auf gutem Steige wurde um 8 h 37' die Ennsthaler Hütte (1650 m) erreicht. Um 9 h 27', nach Einnahme des zweiten Frühstücks, wurde wieder abmarschiert und um 10 h 25' der mit Neuschnee bedeckte Gipfel (2034 m) betreten. Nach Abzug der Rast waren somit zur Überwindung der Höhendifferenz von 1454 m und der Horizontaldistanz von ca. 7 km 3 Std. 40 Min. verbraucht worden. Wegen des kalten windigen Wetters wurde der Gipfel sofort wieder verlassen. Beim Abstiege auf gleichem Wege wurde um 10 h 57' wieder die Ennsthaler Hütte, um 12 h 33' Gstatterboden erreicht. Während des Steigens war die Pulsfrequenz bis auf 126 Schläge, die Atemfrequenz bis auf 26 Züge pro Minute gestiegen. Während der Rast in der Ennsthaler Hütte wurden 82 Pulsschläge, 5 h abends in Gstatterboden 88 Pulsschläge gezählt. Die wahrnehmbare Schweifsbildung war während des ganzen Marsches sehr gering. Von Ermüdung war sowohl am Arbeitstage selbst als an den folgenden Tagen wenig zu spüren.

Der kalorische Wert der geleisteten äufseren Arbeit ergibt sich, wenn man das Produkt des gehobenen Gewichtes (90 kg) mit der Höhendifferenz (1454 m) bildet (130 860 kgm) und, wenn man annimmt, dafs die äufsere Arbeit beim Abstieg ebenso grofs gewesen sei wie beim Aufstieg, zu 261 720 kgm dividiert durch 425 gleich 615,8 Kalorien. Nimmt man den Nutzeffekt, mit dem die Muskelmaschine arbeitet, zu 33 % an, so ergäbe sich der kalorische Wert der zur Leistung dieser äufseren Arbeit erforderlichen Zersetzungen zu rund 1848 Kalorien.

Legt man der Berechnung die von Zuntz und seinen Schülern ermittelten Werte zu Grunde (pro 100 m Erhebung ohne Rücksicht auf die horizontale Fortbewegung für 90 kg Gewicht 57,9 Kalorien; pro 1 km horizontaler Bewegung mit 3 kmg Geschwindigkeit pro Stunde 47,3 Kalorien, für den Abstieg ebensoviel Energieaufwand wie für die Horizontalbewegung mit

gleicher Geschwindigkeit), so kommt man zu einer kleineren Zahl:

1454 m	14,54 · 57,9 = 842,4
14 km Horizontalweg mit 2—3 km pro Stunde Geschwindigkeit .	14 · 47,3 = 662,1
	1504,5.

Jedenfalls lieferte die Kost die für die Arbeit erforderlichen Energiemengen in überreichem Maſse.

Am 31. erfolgte die Rückfahrt nach Wien. An diesem und dem folgenden Tage verhielt ich mich wieder so viel als möglich ruhig. Der Harn wurde am 27. und 28. Mai und am 1. Juni von 5 h früh bis 5 h früh des folgenden Tages, am 29., 30. und 31. Mai von 5 h früh bis 9 h abends zweistündig, von 9 h abends bis 5 h früh des folgenden Tages im ganzen gesammelt. Zur Kontrolle wurde an den Tagen, an welchen der Harn zweistündig gesammelt wurde, jede Harnportion wieder genau in zwei Hälften geteilt und die eine Hälfte zur Herstellung der Tagesharnmischung verwendet. Behufs Konservierung wurden alle Harnproben, insoferne sie nicht sofort verarbeitet wurden, mit einigen Tropfen Chloroform versetzt.

Jede Harnportion wurde gemessen und darin der Stickstoff nach Kjeldahl, bei den meisten auch die Phosphorsäure durch Titration mit Uranacetat unter Verwendung von Cochenilletinktur als Indikator bestimmt. Bei den Tagesharnen wurde auch regelmäſsig das spezifische Gewicht ermittelt. Die Fäces wurden eingetrocknet. In der Trockensubstanz wurde nach Feststellung ihrer Menge der Stickstoff nach Kjeldahl und nach vorausgegangenem Schmelzen mit Salpeter und Soda die Phosphorsäure in der Form von Magnesiumpyrophosphat ermittelt.

Die beobachteten Tagesausscheidungen sind in der folgenden Tabelle (S. 227) verzeichnet.

Vergleicht man zunächst die Stickstoffeinfuhr pro Tag (22,24 g) mit der Stickstoffausfuhr, so ergeben sich folgende Tagesbilanzen:

27. V.	28. V.	29. V.	**30. V.**	31. V.	1. VI.
— 2,23	— 0,265	+ 0,22	**+ 3,51**	+ 0,22	+ 0,45

Tabelle 2.

Tag 1898	Harnmenge ccm	Spec. Gewicht des Harns	Kot-Trock.-Subst. i. Mitt. g	Stickstoff im Harn g	Stickstoff i. Kot i. Mitt. g	Stickstoff zusamm. g	Phosphorsäure im Harn g	Phosphorsäure i. Kot i. Mitt. g	Phosphorsäure zusamm. g
27. Mai Ruhe	1830	1017	22	22,34	2,13	24,47	3,135	0,51	3,65
28. Mai Ruhe	1930	1016	»	20,375	»	22,505	3,14	»	3,65
29. Mai Ruhe	1930	1016	»	19,89	»	22,02	2,45	»	2,96
30. Mai Arbeit	981,5	1023,5	»	**16,60**	»	**18,73**	**1,03**	»	**1,54**
31. Mai Ruhe	989,5	1026	»	19,89	»	22,02	2,60	»	3,11
1. Juni Ruhe	1180	1021	»	19,66	»	21,79	3,32	»	3,83
Zusamm.			132	118,755	12,78	131,535	15,675	3,078	18,74

Am ersten Versuchstage, den 27., wurden vom Körper 2,2 g Stickstoff abgegeben, am 28. war bereits nahezu Stickstoffgleichgewicht eingetreten und dieses bestand auch mit einer geringen Neigung zum Ansatz an den späteren Ruhetagen, dem 29. und 31. Mai und dem 1. Juni. Am Arbeitstage, den 30. Mai, aber erfolgte ein starker Ansatz von Stickstoff, entsprechend rund 22 g Eiweifs oder rund 100 g magerem Muskelfleisch! Verglichen mit der Stickstoffausscheidung der zwei vorhergehenden und der beiden nachfolgenden Tage von im Mittel 22,08 g, ergibt sich am Arbeitstage ein Minus von 3,35 g oder rund 15 %.

Entsprechend der Verminderung der Stickstoffausscheidung finden wir auch eine Veränderung in der Ausscheidung der Phosphorsäure. Verglichen mit dem Mittel der Tagesausscheidungen am 28. und 29. Mai einerseits und am 31. Mai und 1. Juni anderseits, 3,39 g, ergibt sich ein Minus von 1,85 g! Im Verhältnisse zur Gröfse der mittleren Tagesausscheidung ist dieses Minus gewaltig, denn es beträgt rund 54,6 % derselben!

Man wird das Defizit in der Stickstoff- und Phosphorsäure-Ausscheidung am Arbeitstage kaum anders als auf Ansatz deuten können. Man könnte an Verschlechterung der Ausnutzung der Nahrung am Arbeitstage denken. Dann hätte man aber den am

30. fehlenden Stickstoff im Kote finden müssen. Nun wurde allerdings der Stickstoff nur im Gesamtkote bestimmt; die so gefundene mittlere Tagesstickstoffausscheidung im Kote ist aber durchaus normal. Es wurde auch weder subjektiv eine Störung der Verdauung am Arbeitstage empfunden, noch konnte eine solche objektiv aus einer Veränderung der Menge oder der äufseren Beschaffenheit der täglichen Stuhlgänge erkannt werden. Wenn es sich nur um eine Verzögerung der Resorption, Zersetzung oder Ausscheidung gehandelt hätte, hätten die verspäteten Mengen am 31. Mai oder 1. Juni erscheinen müssen. Davon war aber nichts zu merken. An Ausscheidung der fehlenden Mengen im Schweifse ist auch nicht zu denken; dazu sind diese Mengen viel zu grofs und war die Schweifsbildung viel zu unbedeutend.

Wie schon oben erwähnt worden ist, wurden am 29., 30. und 31. Mai die Harnmenge und Stickstoffausscheidung während der Tagesstunden für zweistündige Perioden ermittelt. In der folgenden Tabelle sind die dabei erhaltenen Zahlen verzeichnet.

Tabelle 3.

Tagesstunden	Harnmenge in ccm			Stickstoff in g		
	29.	30. Mai	31.	29.	30. Mai	31.
5—7	138	180	77,5	1,055	1,435	1,61
7—9	310	80,5	65	1,89	1,29	1,36
9—11	90	67	62,5	1,23	1,15	1,47
11—1	112	56	69	1,71	1,15	1,66
1—3	95	93	67	1,54	1,62	1,59
3—5	108	106	87	1,70	1,52	1,97
5—7	230	55	57	1,95	1,16	1,32
7—9	94	59	67,5	1,50	1,22	1,55
9—5	750	285	437	7,35	6,24	7,41
(9-5 i. Mitt 2 std.)	(188)	(71)	(109)	(1,84)	(1,56)	(1,85)
Summe	1927	981,5	989,5	19,92	16,77	19,94

Anmerkung: Die Mahlzeiten um 5 h, 9 h, 1 h, 7 h. Am 30. zwischen 6 h und 12 h 30 Vorm. Bergbesteigung sammt Rückmarsch.

Bei der Betrachtung der Stickstoffausscheidung am 29. Mai findet man einen regelmäfsigen Wechsel von Anstiegen und Ab-

fällen. Regelmäfsig ist relativ niedrig oder fällt die Ausscheidung in den auf eine Mahlzeit folgenden ersten zwei Stunden (5—7, 9—11, 1—3, 7—9) um in den nächsten 2—4 Stunden zu steigen (7—9, 11—1, 3—5, 5—7, 9—5). Die Schwankungen sind recht bedeutende, wie noch deutlicher als aus Tabelle 3 aus der unten folgenden Tabelle 4 hervorgeht, welche die zweistündigen Stickstoffausscheidungen in Prozenten der Tagesausscheidung ausgedrückt verzeichnet.

Tabelle 4.

Tagesstunden	Stickstoff in % der Tagesmengen		
	29.	30. Mai	31.
5—7	5,3	8,5	8,1
	(+4,2)	(—0,8)	(—1,3)
7—9	9,5	7,7	6,8
	(—3,3)	(—0,85)	(+0,6)
9—11	6,2	6,85	7,4
	(+2,4)	—	(+0,9)
11—1	8,6	6,85	8,3
	(—0,9)	(+2,8)	(—0,3)
1—3	7,7	9,65	8,0
	(+0,9)	(—0,65)	(+1,8)
3—5	8,6	9,0	9,8
	(+1,2)	(—2,1)	(—3,2)
5—7	9,8	6,9	6,6
	(—2,3)	(+0,4)	(+1,2)
7—9	7,5	7,3	7,8
9—5	36,8	37,2	37,2

Am 30. Mai, dem Arbeitstage, finden wir, verglichen mit dem 29. Mai, die Stickstoffausscheidung fast durchwegs niedriger. Nur in den zwei ersten Tagesstunden ist sie um rund 0,4 g höher und in der Zeit von 1—3 h, also unmittelbar nach der Rückkehr vom Berge ist sie nahezu gleich hoch, wie am Vortage. Die Ausscheidung verläuft im ganzen viel gleichmäfsiger. Während der Arbeit sinkt die Ausscheidung kontinuierlich ab, danach erhebt sie sich zu einem Gipfel (1—3 h), um dann ein zweites Mal abzusinken, bis sie sich in der Nacht zu einem zweiten Gipfel erhebt. Besonders auffallend ist der vollkommene Ausfall der

steilen Gipfel in den Stunden 7 bis 9 h morgens und 3 bis 7 h nachmittags. Der Verlauf der Stickstoffausscheidung am 31. Mai ist in den Vormittagsstunden dem von der gleichen Zeit des Vortages sehr ähnlich; namentlich fehlt auch an diesem Tage der Gipfel von 7—9 h früh. Am Nachmittage dagegen nimmt die Kurve den Charakter von derjenigen vom 29. Mai an. Sie unterscheidet sich von dieser aber dadurch, dafs der steile Gipfel, der am 29. Mai auf die Zeit von 5—7 h fiel, schon von 3—5 h sich einstellte. Auch der Vergleich der Stundenkurven dürfte den Eindruck verstärken, dafs es sich am Arbeitstage wirklich um Eiweifsansatz gehandelt habe, wenn auch der Anstieg am 30. Mai von 1—5 h auf eine verlangsamte Resorption hindeuten könnte.

Tabelle 5.

Tagesstunde	30. Mai			31. Mai		
	P_2O_5	N	$P_2O_5 : N$	P_2O_5	N	$P_2O_5 : N$
5—9	0,17	2,725	1 : 16,3	0,17	2,945	1 : 17,1
9—1	0,12	2,30	1 : 19,7	0,26	2,94	1 : 11,3
1—5	0,06	3,14	1 : 54,5	0,43	3,24	1 : 7,5
5—9	0,11	2,38	1 : 22,35	0,59	3,45	1 : 5,8
9—5	0,63	6,24	1 : 9,9	1,08	7,35	1 : 6,8
(9—5 4stündig)	(0,32)			(0,54)		
Summe	1,09	16,77	1 : 15,6	2,53	19,92	1 : 7,9

Die Tabelle 5 vereinigt die über die Periode der Phosphorsäureausscheidung am Arbeitstage und an dem folgenden Ruhetage gemachten Feststellungen. Wegen der ungenügenden Harnmengen wurde die Ausscheidung in vierstündige Perioden zusammengefafst. Die Tabelle gibt zugleich die zugehörigen Mengen des ausgeschiedenen Stickstoffs und das Verhältnis $P_2O_5 : N$.

Die überraschende Thatsache der bedeutenden absoluten und relativen Verminderung der Phosphorsäureausscheidung tritt hier noch deutlicher hervor als bei der Betrachtung der Tagesmengen. Schon während der Arbeitsstunden selbst ist das Verhältnis zwischen Phosphorsäure und Stickstoff abnorm. Noch viel gröfser wird aber dieses Mifsverhältnis in der nachfolgenden Ruhezeit. Auch während der Nacht und der ersten vier Stunden

des nachfolgenden Tages ist die Wirkung der Arbeitsleistung noch deutlich erkennbar. Es ist also nicht allein eine dem Stickstoffansatze im Verhältnisse des Stickstoffs zur Phosphorsäure im Muskelfleische entsprechende, sondern eine weit höhere Phosphorsäuremenge zurückgehalten worden.

2. Versuch.

Der 1. Versuch war so ausgefallen, wie es als möglich vermutet worden war. Durch die reichliche Zufuhr leicht resorbierbaren, stickstofffreien Materiales war nicht allein jede Mehrzersetzung von Eiweifs infolge der Muskelarbeit vermieden, sondern sogar ein Eiweifsansatz am Arbeitstage, ja während der Arbeitsstunden selbst erreicht worden. Bei dem nächsten Versuche, der im Frühjahr 1899 angestellt wurde, sollte geprüft werden, ob ein derartiger Eiweifsansatz im nicht trainierten Körper unter dem Schutze der stickstofffreien Nährstoffe auch dann erzielt werden könne, wenn man eine knappe, vielleicht gerade zur Herstellung des Stickstoffgleichgewichtes hinreichende Eiweifsmenge zuführt. Die Versuchsanordnung war diesmal auch noch in einem anderen Stücke eine etwas andere. Um die Schwankungen in der Stickstoffausscheidung infolge der wechselnden Stickstoffzufuhr soviel als möglich auszuschliefsen, wurde beschlossen, nur einmal im Tage stickstoffhaltige Nahrung zu verzehren und die Arbeit zu einer Zeit zu verrichten, wenn die Hauptmasse des verzehrten Eiweifses schon zersetzt und die Hauptmasse des in ihm enthaltenen Stickstoffs aus dem Körper schon wieder ausgeschieden war, wenn aber noch immerhin genug leicht zersetzliches und unter normalen Umständen demnächst zur Zersetzung gelangendes »cirkulierendes« Eiweifs im Körper zurückgeblieben war, um einen Ansatz zu ermöglichen. Es sollte daher der Versuchstag um 5 h nachmittags begonnen und die Hauptmahlzeit mit der gesamten Eiweifsration in den ersten beiden Stunden verzehrt werden, so dafs bis zum Beginne der Arbeit, als welche wieder die Besteigung des Tamischbachturms bestimmt wurde, etwa 12 Stunden verflossen sein sollten. Man glaubte dann auf einen gleichmäfsigen Abfall der Tageskurve der Stick-

stoffausscheidung an den Ruhetagen rechnen zu dürfen, so dafs der etwaige Einflufs der Arbeit auf die Stickstoffausscheidung klar hervortreten würde. Leider ist bei der Vorbereitung des Versuches ein Fehler unterlaufen, der das Versuchsergebnis in Bezug auf den Verlauf der Stickstoffausscheidung in hohem Mafse trübt. Trotzdem können in dieser Hinsicht gewisse Schlüsse gezogen werden und ist der Ausfall in Bezug auf die Phosphorsäureausscheidung so schlagend, dafs über den Einflufs der Arbeit auf diese kein Zweifel übrig bleiben kann.

Da es beim I. Versuche grofse Überwindung gekostet hatte, durch mehrere Tage so grofse Mengen von Pain zu verzehren, beschlofs ich, diesmal die Hauptmenge des Eiweifses im gebratenen Fleische einzuführen. Auch die Zwiebackportion wurde herabgemindert und dafür die Zuckermenge erhöht. Um die grofse Zuckermenge leichter bewältigen zu können, wurde ein Teil derselben in Form von Pfirsichmarmelade aufgenommen. Die Tagesration bestand aus 280 g Lungenbraten, 200 g Zwieback, 60 g Butter, 150 g Pfirsichmarmelade und 200 g Rübenzucker. Davon wurden die 280 g Lungenbraten, 200 g Zwieback, 60 g Butter und dazu 50 g Zucker, in Wasser gelöst, täglich zwischen 5 bis $8^1/_2$ h abends verzehrt; am Morgen um 6 h 15' wurde täglich ca. $^1/_4$ l Thee mit 20 g Zucker, in der Zeit von 9 bis 11 h vormittags schluckweise möglichst gleichmäfsig verteilt der Rest von 130 g Zucker in Wasser gelöst getrunken und in der Zeit von 12 bis 3 h die Marmelade ausgelöffelt.

Die verwendeten Nahrungsmittel und Speisen wurden analysiert. Da ein Stück Lungenbraten (Rinds-Filet) für einen mehrtägigen Versuch nicht ausreichte, wurden zwei Stücke vorbereitet, die, in kleine Stücke zerschnitten, in gleichen Gewichtsmengen gemischt werden sollten, da der Eiweifs- und Fettgehalt der beiden Stücke voraussichtlich verschieden war und durch Mischung, die täglich gleich grofse Eiweifszufuhr sichergestellt werden sollte. Durch ein Versehen wurde aber nur die für den ersten Tag bestimmte Bratenration in der angegebenen Weise gemischt hergestellt, während — wie sich erst später herausstellte — die Portionen für die folgenden Tage ausschliefslich teils von dem einen

teils von dem anderen Bratenstücke herstammten. Die beiden Braten hatten nun in der That eine nicht unerheblich verschiedene Zusammensetzung, so dafs die Eiweifs- bezw. Stickstoff- und die Fettzufuhr an den einzelnen Tagen verschieden grofs war.

Tabelle 6.

In 100 g frischer Substanz waren enthalten in g:

Speise	N	Eiweifs N × 6,25	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
Lungenbraten I (im gebrat. Zustande)	4,52	28,25	20,91	—	310,30
Lungenbraten II (im gebrat. Zustande)	4,88	31,82	16,70	—	285,80
Zwieback	1,88	12,26	7,65	74,0	424,80
Butter	0,118	0,77	84,30	—	787,15
Marmelade	0,053	0,345	—	69,83 (als Invertzuck. berechnet)	287,70
Rübenzucker (nicht analysiert)	—	—	—	99,90	409,60

Aus den in der vorstehenden Tabelle mitgeteilten Zahlen ergeben sich folgende Tagesmengen der einzelnen Nahrungsstoffe und der Kalorien.

(Siehe Tabelle auf S. 234.)

Der Versuch begann am 16. Juni.

Zur Abgrenzung der Fäces wurden am 16. Juni 1 h nachmittags, nachdem am Morgen desselben Tages nur eine Tasse Thee mit Zucker genossen worden war, 250 g Preiselbeerkompott verzehrt. Mit Entleerung der Blase und Körperwägung wurde um 5 h nachmittags die eigentliche Versuchszeit begonnen. Der Harn wurde an diesem und an den folgenden Versuchstagen für die Zeit von 5—9 h abends, 9—5 h nachts und von 5 h früh bis 5 h abends zweistündig gesondert aufgefangen. Jede der so gesammelten Harnmengen wurde in zwei Hälften geteilt, die eine Hälfte gesondert aufbewahrt und analysiert, die andere zur Herstellung der Tagesmischung verwendet Alle Harnportionen wurden, wenn sie nicht sofort der Analyse unterworfen werden konnten, durch Zusatz von Chloroform konserviert.

Am Nachmittag des 17. Juni erfolgte die Reise von Wien nach Gstatterboden.

Nachdem am 17./18. Juni ungefähr ebensoviel Stickstoff im Harn ausgeschieden wurde wie am 16./17 Mai, so wurde angenommen — die Kost war noch nicht analysiert — dafs bereits das Stickstoffgleichgewicht eingetreten sei, und der folgende Versuchstag zum Arbeitstag bestimmt. Hinterdrein stellte sich aber heraus, dafs der Körper an beiden Tagen Stickstoff verloren hatte. Am 19. Juni 7 h 15' früh erfolgte bei sehr angenehmem Wetter (16° C.) der Abmarsch. Unmittelbar vorher wurden 18 Atemzüge und 57 Pulsschläge gezählt. Um 9 h wurde eine viertelstündige Rast gemacht. Um 10 h 15' wurde die Ennsthalerhütte erreicht, wo wieder durch eine Viertelstunde Rast gemacht wurde. Während des steilsten Anstieges waren 132 Pulsschläge gezählt worden, am Ende der Rast, um 10 h 30', betrug ihre Zahl 81. Bis zur Hütte wurde in mäfsigem Grade geschwitzt, von da an war die Transpi-

Tabelle 7.

Speise	Stickstoff in g			Fett in g			Kohlehydrate in g	Kalorien		
	Lungenbraten I	Lungenbraten II	Mischung von I und II	Lungenbraten I	Lungenbraten II	Mischung von I und II		Lungenbraten I	Lungenbraten II	Mischung von I und II
280 g Lungenbraten	12,66	13,66	13,16	58,5	46,8	52,7	—	869	800	834,5
200 g Zwieback . .	3,76	3,76	3,76	15,8	15,3	15,3	148	850	850	850
60 g Butter . . .	0,07	0,07	0,07	50,6	50,6	50,6	—	472	472	472
150 g Marmelade . .	0,08	0,08	0,08	—	—	—	105	432	432	432
200 g Rübenzucker .	—	—	—	—	—	—	199,8	819	819	819
Zusammen	16,57	17,57	17,07	124,2	111,5	118,4	452,8	3442	3373	3407,5
	= 103,6	= 109,8	= 106,7							
	g Eiweifs									

ration anscheinend sehr gering. Nahe unter dem Gipfel wurden wieder 132 Pulsschläge und 28 Atemzüge gezählt. Um 11 h 52' war der Gipfel erreicht. Bei mildem Wetter wurde hier bis 12 h 20' verweilt. Vor Beginn des Abstieges wieder 81 Pulsschläge. Ihre Zahl erhöhte sich beim Abstiege wieder bis auf 111, die der Atemzüge auf 20. Um 2 h 55' Eintreffen in Gstatterboden, wo nach einstündigem Aufenthalte wieder 66 Pulsschläge gezählt wurden. Auch beim Abstiege war die Transpiration sehr gering. Während beim Abmarsche das Gewicht samt Kleidung und Bergausrüstung (Eispickel u. s. w.) 93,7 kg betragen hatte, wog ich um 3 h unmittelbar nach der Ankunft 92,3 kg. Ich hatte also während der Tour trotz Flüssigkeitsaufnahme 1,4 kg an Gewicht verloren. Zum Aufstiege hatte ich, die Rasten abgerechnet, rund 4 Stunden, zum Abstiege 2 Stunden 35 Minuten gebraucht. Die Arbeitsleistung war ungefähr gleich grofs wie beim 1. Versuche im Vorjahre. Von Ermüdung war zunächst wenig zu spüren; erst am folgenden Tage stellten sich mäfsige Schmerzen in einzelnen Muskeln der Beine ein, die sich am zweiten Tage verstärkten.

Am 20. Juni vormittags wurde die Heimfahrt nach Wien angetreten. Von 5 h abends ab wurde bis 5 h abends des 21. Juni der Harn wieder im ganzen gesammelt: am 21. Juni 5 h abends der Versuch mit der Aufnahme von ca. 200 g Preiselbeeren beendet. Um 9 h abends wurde die erste gewöhnliche Abendkost verzehrt.

Am 16./17., 17./18., 19./20., 20./21. Juni war thunlich Körperruhe gehalten worden.

Die Defäcation erfolgte sehr regelmäfsig. Die Abgrenzung gelang recht gut. Der erste zum Versuche gehörige Kot wurde am 18. Juni um 7 h früh abgesetzt. Am 19. erfolgte die Entleerung um 6 h 30', am 20. um 7 h 30', am 21. um 10 h 30', am 22. um 9 h früh. Die Fäces hatten stets gute Konsistenz; in dem Stuhle vom 22. Juni erschienen zum Schlufse schon die Reste der Preiselbeeren. Sofort nach der Entleerung wurden die Fäces mit Oxalsäurelösung übergossen.

Neben dem Stickstoff (nach Kjeldahl) und der Phosphorsäure (mit Uranlösung und Cochenille) wurde diesmal im Tages-

harne auch noch die Gesamtschwefelsäure (Fällen des mit Säure erhitzten Harns mit Chlorbaryum) und der Gesamtschwefel (Fällen der Lösung des Schmelzrückstandes des mit Salpeter und Soda eingedampften und geglühten Harns mit Chlorbaryum) sowie das Ammoniak (nach Schlösing) bestimmt. In den Fäces wurde die Menge des Trockenrückstandes, die des Stickstoffs (nach Kjeldahl), des Phosphors (als Phosphorsäure) und des Schwefels (als Schwefelsäure ermittelt. Phosphorsäure und Schwefelsäure wurden in der Schmelze der Fäces mit Salpeter und Soda bestimmt.

Tabelle 8.

Tag	Harnmenge	N			P_2O_5			Gesamt-Schwefel als SO_3 berechnet		
		im Harn	im Kot	Gesamt	im Harn	im Kot	Gesamt	im Harn	im Kot	Gesamt
16./17.	1061	17,49	1,24	18,73	2,98	0,64	3,62	2,37	0,28	2,65
17./18.	1639	17,85	1,24	19,09	2,63	0,64	3,27	2,67	0,28	2,95
18./19.	1232	14,76	1,24	16,00	1,72	0,64	2,36	2,60	0,28	2,88
19./20.	1697	17,86	1,24	19,10	0,91	0,64	1,55	2,70	0,28	2,98
20./21.	862	13,78	1,24	15,02	2,01	0,64	2,65	2,23	0,28	2,51

Die vorstehende Tabelle gibt einen Überblick über die tägliche Ausscheidung von Stickstoff, Phosphorsäure und Schwefel an den fünf Versuchstagen.

Was zunächst die Stickstoffausscheidung anbelangt, so mufs damit die Stickstoffaufnahme verglichen werden.

Tabelle 9.

Tag Juni	Verzehrte Sorte des Bratens	Stickstoff-Einnahme g	Stickstoff-Ausgabe g	Ansatz (+) oder Abgabe (—) v. Stickstoff g
16. 5 h mg. bis 17. 5 h morg.	Mischung von I und II	17,07	18,73	— 1,66
17. — 18.	I	16,57	19,09	— 2,52
18. — 19.	II	17,57	16,00	+ 1,57
19. — 20.	II	17,57	19,10	— 1,53
20. — 21.	I	16,57	15,02	+ 1,55

Aus diesem Vergleiche geht mit Sicherheit hervor, dafs die Arbeit keine Steigerung der Eiweifszersetzung zur Folge gehabt hat. Damit stimmt auch, um diesen Punkt gleich zu erledigen, das Verhalten der Schwefelausscheidung überein, die an allen Tagen nahezu gleich hoch ist und durch die Arbeit keine Steigerung erfährt. Im übrigen ist das Ergebnis unklar, insoferne es zweifelhaft bleibt, ob es sich bei der Zurückhaltung des Stickstoffs am Arbeitstage um einen wirklichen Ansatz oder nur um eine Verlangsamung der Zersetzung und Ausscheidung handle. Sehr störend für die Beurteilung ist insbesondere auch die Stickstoffretention am 20./21. Da dies leider der letzte Versuchstag ist, bleibt es unentschieden, ob es sich bei dieser um neuerdings beginnenden Ansatz oder ebenfalls lediglich um verzögerte Ausscheidung handelt. Die enorme Verminderung der Harnmenge am 20./21. verglichen mit dem 19./20. Juni läfst das Letztere vermuten. Falls diese Vermutung richtig ist, dann befand sich der Körper während der ganzen Versuchszeit im Stadium des Stickstoffverlustes und dann hätte die Arbeit trotz ungünstiger Umstände zum Ansatze geführt. Falls aber die Stickstoffretention am 20./21. Juni Ansatz bedeutete, dann würde die Auffassung mehr Wahrscheinlichkeit für sich haben, dafs es sich am Arbeitstage nur um eine Verschiebung der Ausscheidung handelte.

Bedeutend war der Einflufs der Arbeit auf den Eiweifs- und Stickstoffwechsel keinesfalls. Dies zeigen auch die Zahlen der Ammoniakmengen im Tagesharn:

16./17.	17./18.	18./19.	19./20.	20./21.
0,775	1,031	1,005	0,952	1,202 g Ammoniak

und die Zahlen betreffend die Ausscheidung des organisch gebundenen, »neutralen« Schwefels im Harn.

(Siehe Tabelle auf S. 238.)

Unzweideutig und höchst merkwürdig ist wieder der Einflufs der Arbeit auf die Ausscheidung der Phosphorsäure (s. o. Tab. 8 S. 236). Wieder, wie beim 1. Versuche, tritt starke Verminderung der Phosphorsäureausscheidung ein, die diesmal am ersten Ruhetage nach der Arbeit noch viel bedeutender ist als am Arbeits-

Tabelle 10. SO_3 im Harn.

	Gesamt-S als SO_3	Freie und gepaarte SO_3	Organ. geb. S als SO_3
16./17.	2,37	1,97	0,40
17./18.	2,67	2,21	0,46
18./19.	2,60	2,10	0,50
19./20.	2,70	2,25	0,45
20./21.	2,23	1,85	0,38

tage selbst, was durch die veränderte Versuchsanordnung (Arbeit in der zweiten Hälfte des Versuchstages) erklärlich wird.

Betrachten wir nun die Ausscheidungen in den einzelnen Tagesperioden, so fallen zunächst die starken Schwankungen in den Harnmengen auf. Besonders in den ersten Nachmittagsstunden war die Harnentleerung diesmal viel unregelmäfsiger als beim 1. Versuche. Allerdings mufs ich gestehen, dafs ich auch bei der Wasseraufnahme nicht so sorgsam war wie beim 1. Versuche, und namentlich am 19./20. Juni, von Durst geplagt, mehr Wasser aufnahm als am vorhergehenden und am nachfolgenden Tage. Nichtsdestoweniger ist besonders die Harnflut am Nachmittage des 20. Juni und die Ebbe am 21. Juni sehr auffallend und durchaus nicht im Verhältnisse zum Wechsel in der Wasseraufnahme. Ich dachte an Glykosurie. Alle Harne wurden daher auf Zucker geprüft, aber alle wurden davon frei gefunden.

Tabelle 11.

	Harnmengen				
	16./17.	17./18.	18./19.	19./20.	20./21.
5—9	135	113	220	114,5	gemeinsam gesammelt
9—5	438	510	400	337	
5—7	103	108	143	83	
7—9	99,5	115	204 [1])	114,5	
9—11	63,5	192	78 [1])	150	
11—1	70	110	65 [1])	167	
1—3	92	288	78 [1])	301	
3—5	60	258	44	430	
Zusammen	1061	1689	1232	1697	865

1) Arbeitsperiode.

Dafs der Körper während der ganzen Versuchszeit nicht erheblich an Wassermangel gelitten hat, ergibt sich aus den jeden Tag um 5 h morgens nach Entleerung der Blase für den nackten Zustand ermittelten Körpergewichten. Ich wog am 16. 79,8, am 17. 79,7, am 18. 79,6, am 19. 78,4, am 20. 79,0, am 21. 78,9 kg.

Die folgende Tabelle enthält die Zahlen für die Stickstoffausscheidung in den einzelnen Perioden. Die daraus gezogenen Summen stimmen genügend mit den beim gemischten Tagesharn gefundenen Zahlen überein, mit Ausnahme des 16./17., an welchem Tage irgendwo Fehler mitunterlaufen sein müssen, da die direkt ermittelte Tagesmenge (17,49 g) von der Summe um 0,74 g differiert.

Tabelle 12.

	16./17.	17./18.	18./19.	19./20.	20./21.
5—9	2,12	2,00	1,98	1,86	—
9—5	7,32	7,14	6,21	6,64	—
5—7	1,74	1,56	1,69	1,655	—
7—9	1,42	1,42	1,25 [1]	1,65	—
9—11	1,065	1,56	1,03 [1]	1,54	—
11—1	0,935	1,27	0,84 [1]	1,49	—
1—3	1,17	1,28	1,08 [1]	1,48	—
3—5	0,98	1,27	0,695	1,52	—
pro die	16,75	17,51	14,775	17,835	13,78

Die Verminderung der Stickstoffausscheidung in der Arbeitsperiode und den unmittelbar darauf folgenden Stunden tritt deutlich hervor, besonders dann, wenn man die Zahlen so gruppiert, dafs man den Tag mit der Stunde beginnen läfst, in welcher am Arbeitstage die Arbeit begonnen wurde (7 h früh). Man erhält dann folgende Summen:

	17.	18.	19. (Arbeitstag)	20.
7 h früh bis 5 h abends	5,57	6,80	4,895	7,68
5 h abends bis 7 h früh	10,70	9,88	10,155	—
Zusammen	16,27	16,68	15,05	—

Die Phosphorsäure im Harn konnte wegen der unzulänglichen Harnmengen wieder nur für 4- bezw. 8 stündige Perioden gesondert bestimmt werden. Die dabei erhaltenen Zahlen sowie das Verhältnis der in einer bestimmten Periode ausgeschiedenen

1) Arbeitsperiode.

Phosphorsäure zum gleichzeitig ausgeschiedenen Stickstoff bringt die folgende Tabelle:

Tabelle 18.

	16./17.		17./18.		18./19.		19./20.	
	P_2O_5 g	$P_2O_5 : N$	P_2O_5 g	$P_2O_5 : N$	P_2O_5 g	$P_2O_5 : N$	P_2O_5 g	$P_2O_5 : N$
5—9	0,41	1 : 5,2	0,49	1 : 4,1	0,45	1 : 4,3	0,065	1 : 28,7
9—5	1,25	1 : 5,8	1,10	1 : 6,5	0,84	1 : 7,4	0,36	1 : 18,6
5—9	0,40	1 : 7,9	0,35	1 : 8,5	0,175[1]	1 : 16,8	0,18	1 : 18,6
9—1	0,30	1 : 6,6	0,24	1 : 11,8	0,21[1]	1 : 8,9	0,13	1 : 23,5
1—5	0,42	1 : 5,1	0,30	1 : 8,6	0,02[1]	1 : 89,0	0,18	1 : 16,7
		1 : 6,0		1 : 7,1		1 : 8,7		1 : 19,6

Es zeigt sich namentlich in der Nachperiode eine ungeheuere Verschiebung in den Ausscheidungsverhältnissen bis zu dem Verhältnisse $P_2O_5 : N = 1 : 89$ in der Periode 1—5 h am 19. Juni! Von einem nachträglichen Wiedererscheinen der zurückgehaltenen Phosphorsäure ist wenigstens innerhalb der Versuchszeit keine Spur zu finden. Das Verhältnis bleibt während des ganzen ersten Ruhetages nach der Arbeit abnorm niedrig, wogegen es am zweiten Ruhetage als normal zu bezeichnen ist.[2]) Gruppiert man die Phosphorsäurezahlen wieder ähnlich wie die Stickstoffzahlen, indem man die Perioden vor der Arbeit von denen nach der Arbeit schärfer scheidet, so kommt die Phosphorsäure-Retention noch klarer zum Vorschein:

	17.	18.	19.	20.
		g Phosphorsäure		
5 h früh bis 5 h abends	1,12	0,89	0,405	0,49
5 h abends bis 5 h früh	1,59	1,29	0,425	—
	17.	18.	19.	20.
		$P_2O_5 : N =$		
5 h früh bis 5 h abends	6,5	9,4	16,2	19,0
5 h abends bis 5 h früh	5,75	6,3	20,0	—

Um dem Einwande sicherer begegnen zu können, dafs etwa die Ausnutzung der Nahrung am Arbeitstage verschlechtert und die Verminderung der Ausscheidungen im Harn dadurch bedingt sei, wurde diesmal jeder Stuhlgang für sich analysiert und für jeden Stuhl gesondert der Prozentgehalt an Stickstoff, Phosphor-

1) Arbeitsperiode. 2) 20./21.: $P_2O_5 = 2,01$ g, $P_2O_5 : N = 1 : 6,85$.

säure (P) und Schwefelsäure (S), sowie die absolute Menge des ausgeschiedenen Stoffes berechnet. Die Zahlen, welche in der folgenden Tabelle verzeichnet sind, zeigen meines Erachtens deutlich genug, dafs die Ausnutzung der Nahrung durch die Arbeit nicht beeinflufst worden ist.

Tabelle 14.

Fäces.

	Trockensubstanz	N		P als P_2O_5		S als SO_3	
		%	absolut	%	absolut	%	absolut
Kot I	18,98	7,45	1,415	3,025	0,57	2,55	0,485
» II	11,99	8,09	0,97	3,83	0,46	1,66	0,20
» III	16,52	7,44	1,23	4,335	0,715	1,35	0,22
» IV	10,98	7,38	0,81	4,395	0,48	1,56	0,17
» V	29,77	5,94	1,77	3,215	0,96	1,125	0,335
	88,24		6,195		3,185		1,410
pro die	17,65		1,24		0,64		0,28

3. Versuch.

Der 3. Versuch wurde im Mai 1900 angestellt. Wie beim 2. Versuche, wurde nur einmal im Tage und zwar in den Abendstunden stickstoffhaltige Nahrung verzehrt, so dafs zur Zeit der Muskelarbeit in den Vormittagsstunden der gröfste Teil des Nahrungseiweifses schon zersetzt und der gröfste Teil der harnfähigen Zersetzungsprodukte ausgeschieden sein mufste.

Die Nahrung wurde aus kaltem Braten, Zwieback, Reis, Butter, Zucker und etwas Thee zusammengestellt. Es sollte diesmal eine gröfsere Eiweifsmenge zugeführt und ein Teil des Zuckers durch Reis ersetzt werden, der bei der Hauptmahlzeit, mit einem Teile der Butter als gedünsteter Reis zubereitet, warm verzehrt werden konnte.

Die Tagesmenge bestand aus 350 g Lungenbraten, 200 g Zwieback, 50 g Reis, 50 g Butter und 150 g Zucker und wurde in folgender Weise auf die einzelnen Mahlzeiten verteilt. In der Zeit von 5 h abends (Beginn des Versuchstages) bis 8½ h abends wurden der Braten, das Zwieback, der Reis und die Butter verzehrt und dazu ¾ l Thee mit 60 g Zucker getrunken. Als Früh-

stück um 6½ h morgens ¼ l Thee mit 30 g Zucker, um 10½ h vormittags ¼ l Wasser mit 30 g Zucker und um 3 h nachmittags abermals ¼ l Wasser mit 30 g Zucker.

Auf Grund meiner Analysen hatten die verzehrten Speisen und Nahrungsmittel folgende mittlere Zusammensetzung:

Speise	In 100 g frischer Substanz				
	Stickstoff g	Eiweifs (N × 6,25) g	Fett g	Kohle-hydrat g	Kalorien
Gebratenes Fleisch . .	5,17	32,3	14,84	—	270,4
Zwieback	1,92	12,0	8,58	74,0	432,4
Reis	1,72	10,75	0,18	74,0	349,1
Butter	0,12	0,75	86,00	—	802,9
Rübenzucker	—	—	—	99,9 *)	409,6
In der Tagesmenge sind daher enthalten:					
Lungenbraten 350 g . .	18,095	113,05	51,94	—	946,4
Zwieback 200 g	3,84	24,00	17,16	148,0	864,8
Reis 50 g	0,86	5,38	0,09	37,0	174,5
Butter 50 g	0,06	0,38	43,00	—	401,45
Zucker 150 g	—	—	—	149,85	614,4
Zusammen	22,855	142,81	112,19	334,85	3001,55

Der kalorische Wert der Nahrung war diesmal geringer als bei den beiden früheren Versuchen. Es war dies nicht beabsichtigt gewesen. Es war ursprünglich eine gröfsere Reisportion angesetzt worden. Es stellte sich aber unmittelbar vor dem Versuche heraus, dafs nicht mehr als 50 g Reis bei der Hauptmahlzeit bewältigt werden konnten. Es wurde daher die Reismenge auf diese Gröfse eingeschränkt. Vielleicht ist es dieser geringeren Spannkraftzufuhr zuzuschreiben, dafs diesmal der Effekt der Arbeit ein geringerer war als bei den vorausgegangenen Versuchen.

Der Versuch begann am 20. Mai damit, dafs um 7 h früh Thee mit Zucker ohne Gebäck genommen, dann um 12 h mittags ca. 50 g Preiselbeeren verzehrt wurden. Um 5 h abends wurde

*) Nicht bestimmt.

die Blase entleert und das Körpergewicht in nacktem Zustande ermittelt. Bei Beginn der Mahlzeit wurden ca. 2 g Rufs in Oblaten verschluckt. Am 22. Mai 7 h früh erschien der erste Versuchskot, ziemlich gut abgegrenzt. Zur Bergbesteigung war diesmal der Sonnwendstein am Semmering ausersehen. Am 22. Mai 1 h mittags begab ich mich mit der Eisenbahn auf den Semmering, wo in dem knapp neben der Station gelegenen Hôtel Stefanie übernachtet wurde. Am 23. Mai 6 h 50' morgens fuhr ich mit der Eisenbahn zur Station Klamm zurück, wo ich um 7 h 17' eintraf und sofort den Marsch begann. Mein Gewicht samt Ausrüstung betrug 92 kg. Um 7 h 28' erreichte ich absteigend den Adlitzgraben, von da zuerst mäfsig, dann steil steigend, um 8 h 55' das Gasthaus zum Bärenwirt, um 9 h 15' den Steinbruch am Myrthengraben, um 10 h 30' die Einsattlung zwischen Erzkogel und Sonnwendstein, um 10 h 47' den Gipfel. Das Wetter war schön, die Temperatur betrug auf dem Semmering um 6 h 45' 11,5° C., auf dem Gipfel um 11 h 13° C. Im Thale hatte ich etwas geschwitzt; später nicht mehr. Kurz vor der Abfahrt vom Semmering zählte ich 68 Pulsschläge und 16 Atemzüge, während des steilsten Ansteigens 126 Pulse und 28 Atemzüge. Nach ½stündiger Rast auf dem Gipfel waren diese Zahlen wieder auf 78 bezw. 14 gesunken. Beim Abstiege wurden wieder bis zu 108 Pulsschläge und 18 Atemzüge gezählt. Um 11 h 40' wurde der Abstieg begonnen, um 12 h 37' das Gasthaus zum »Erzherzog Johann« auf dem Semmering erreicht. Um 12 h 45' wurde wieder auf demselben Wege, auf dem abgestiegen worden war, der Anstieg des Gipfels begonnen, um 2 h 30' der Gipfel neuerdings erreicht. Während des Aufstieges um 1 h mittags wurde der zweite Versuchskot abgesetzt. Nach ¼stündiger Rast wurde der zweite Abstieg begonnen. Um 3 h 45' traf ich auf demselben beim »Erzherzog Johann«, um 4 h im Hôtel Stefanie ein. Während der beiden Abstiege und dem zweiten Aufstiege war kein wahrnehmbarer Schweifs aufgetreten. Es war nur wenig Müdigkeit zu spüren; erst am nächsten Tage stellten sich schwache Muskelschmerzen ein. Am 24. Mai morgens erfolgte die Rückfahrt nach Wien. Um 11 h 15' mittags erfolgte

wieder Defäcation, ebenso am 25. Mai um $8^1/_2$ h abends. Am 26. Mai wurde der Versuch beendigt, indem um 5 h die Blase entleert, das Körpergewicht bestimmt und um $5^1/_2$ h 100 g Preiselbeeren verzehrt wurden. Die gewöhnliche Abendmahlzeit wurde dann um $8^1/_2$ h eingenommen und dabei Spargel gegessen. Der letzte Versuchskot wurde am 27. Mai 7 h 30' früh abgesetzt, nachdem am 26. die Defäcation ausgeblieben war. Die Abgrenzung der Fäces war gut gelungen. Harn und Fäces wurden in derselben Weise konserviert bezw. vorbehandelt wie bei den früheren Versuchen. Vom 20./21. bis zum 24./25. Mai einschliefslich wurde der Harn von 5—9 h abends und von 9—5 h früh vereinigt, von 5 h früh bis 5 h abends zweistündig gesammelt. Am 25./26. Mai wurde der gesammelte Tagesharn vereinigt.

Wieder wurde wie früher immer ein aliquoter Teil des Harns zur Herstellung einer Tagesmischung verwendet. Im Tagesharne wurde der Stickstoff, die Phosphorsäure, die an Erden gebunden, (durch Alkalizusatz ausfällbare) Phosphorsäure und der Gesamtschwefel (als Schwefelsäure) bestimmt; in dem Harne der einzelnen Tagesperioden Stickstoff und Phosphorsäure. Im Kote wurde die Trockensubstanz, der Stickstoff, der Phosphor (als Phosphorsäure) und der Schwefel (als Schwefelsäure) ermittelt. Jede Kotportion wurde für sich analysiert.

Die am 23. Mai geleistete Arbeit ergibt sich aus folgendem: Abstieg von Klamm (700 m) nach Schottwien (570 m) 130 m in 11 Minuten. Aufstieg von Schottwien auf den Gipfel des Sonnwendstein (1523 m) 953 m in 3 Stunden 19 Minuten. Abstieg zum »Erzherzog Johann« (986 m) 537 m in 57 Minuten. Zweiter Anstieg um 537 m in 1 Stunde 45 Minuten. Zweiter Abstieg vom Gipfel bis Hôtel Stefanie (896 m) um 627 m binnen 1 Stunde 15 Minuten. Es wurde somit im ganzen 1490 m hoch gestiegen und 1294 m tief abgestiegen. Wird die Arbeit des Aufstieges der des Abstieges gleichgesetzt, so wurden also bei 92 kg Gewicht 256128 kgm äufsere Arbeit geleistet, die unter Berücksichtigung der inneren Arbeit und der Wärmeproduktion einen Spannkraftverbrauch von ca. 1808 Kal. beanspruchte.

In anderer Weise berechnet (1490 m Steigen, 17 km horizontale Fortbewegung in zusammen 7 Stunden 27 Minuten (5 km Entfernung Klamm—Sonnwendstein, 4 km Entfernung Sonnwendstein—»Erzherzog Johann«) ergibt sich der Spannkraftverbrauch bei 92 kg Gewicht zu rund 1692 Kalorien.

Die Untersuchung der Fäces lieferte folgende Ergebnisse:

Tabelle 15.
Fäces.

	Trocken-Substanz	Stickstoff		Phosphorsäure		Schwefelsäure	
	g	%	g	%	g	%	g
Kot I v. 22./V. . . .	19,65	9,1	1,79	3,84	0,755	1,76	0,35
Kot II v. 23./V. . .	11,00	8,2	0,90	5,00	0,55	1,77	0,195
Kot III v. 24./V. . .	9,33	9,3	0,87	4,90	0,455	1,74	0,16
Kot IV v. 25./V. . .	7,84	9,0	0,705	4,46	0,35	2,35	0,18
Kot V v. 27./V. . .	14,26	8,3	1,18	4,76	0,68	1,65	0,235
		i. M.		i. M.		i. M.	
Zusammen	62,08	8,77	5,445	4,49	2,79	1,80	1,12
pro die	10,35		0,907		0,465		0,19

Wieder wird man weder aus den prozentischen noch aus den absoluten Zahlen einen merklichen Einflufs der Bergbesteigung auf die Ausnutzung der Nahrung entnehmen wollen.

Die Tagesausscheidungen im Harn und Kot stellten sich, wie folgt, heraus:

Tabelle 16.

Tag	Harnmenge	Stickstoff			P als Phosphorsäure				S als Schwefelsäure		
		im Harn	im Kot i. M.	Zusammen	im Harn	davon als Erdphosphat	im Kot i. M.	Zusammen	im Harn	im Kot i. W.	Zusammen
20./21.	1353,5	20,84	0,91	21,75	3,00	(0,59)	0,465	3,465	3,05	0,19	3,24
21./22.	1560,5	20,23	»	21,14	2,93	(0,58)	»	3,395	3,02	»	3,21
22./23.[1]	1309,5	21,30	»	22,21	2,15	(0,51)	»	2,615	3,56	»	3,75
23./24.	1023,5	22,34	»	23,25	2,10	(0,59)	»	2,565	3,52	»	3,71
24./25.	1068,0	23,19	»	24,10	3,02	(0,62)	»	3,485	3,23	»	3,42
25./26.	1172,0	21,88	»	22,79	2,93	(0,57)	»	3,395	3,16	»	3,35

1) Arbeitstag.

Wenn wir zunächst die Stickstoffausscheidung betrachten, so ergibt sich beim Vergleiche mit der Stickstoffzufuhr: dafs an den beiden, dem Arbeitstage vorhergehenden Ruhetagen ein nicht unbeträchtlicher Stickstoffansatz erfolgte, dafs am Arbeitstage selbst ebenfalls noch Stickstoff angesetzt wurde, aber erheblich weniger als an den vorhergehenden Tagen; dafs am ersten und zweiten der dem Arbeitstage folgenden Tage Stickstoff vom Körper abgegeben wurde und zwar am zweiten etwa viermal soviel als am ersten und dafs am letzten Versuchstage Stickstoffgleichgewicht herrschte, so dafs im ganzen in den sechs Versuchstagen um 1,89 g N weniger ausgeführt (135,24 g) als eingeführt (137,13 g) wurden.

Tabelle 17.

Tag	Stickstoff-Einfuhr	Stickstoff-Ausfuhr	Ansatz (+) oder Abgabe (—)
20./21.	22,855	21,75	+ 1,105
21./22.	»	21,14	+ 1,715
22./23.*)	»	22,21	+ 0,645
23./24.	»	23,25	— 0,395
24./25.	»	24,10	— 1,245
25./26.	»	22,79	+ 0,065
Zusammen . .	137,13	135,24	+ 1,89

Die Betrachtung dieser Zahlen könnte zu der Deutung Anlafs geben, als ob in diesem Versuche durch die Arbeit eine Steigerung der Stickstoffzersetzung hervorgerufen worden sei, wobei aber erst an den auf den Arbeitstag folgenden Tagen die Ausscheidung des entsprechenden Plus von stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukten gekommen sei. Man müfste dann annehmen, dafs, wenn nicht gearbeitet worden wäre, auch noch am vierten und fünften Versuchstage Ansatz erfolgt wäre, oder wenigstens Stickstoffgleichgewicht geherrscht hätte. Grofs wäre die Mehrzersetzung keinesfalls! Nimmt man an, dafs es zu Stickstoffgleichgewicht gekommen wäre, so würde die Mehrausscheidung 1,64 g N, entsprechend 10,25 g Eiweifs mit 42 Kalorien betragen. Wollte man annehmen, dafs ohne das Dazwischentreten der Arbeit der

Ansatz in der mittleren Höhe der beiden ersten Tage fortgedauert hätte — was von vornherein höchst unwahrscheinlich ist — so würde man zu einer durch die Arbeit veranlafsten Mehrausscheidung von im Maximum 6,57 g N, gleich 41,06 g Eiweifs mit 168,3 Kalorien kommen. Die viel wahrscheinlichere Deutung des Befundes ist aber, dafs die Arbeit die Stickstoffausscheidung gar nicht beeinflufst habe und man es mit einer Schwankung der Ausscheidung zu thun habe, wie sie bei Stickstoffwechselversuchen auch dann vorkommt, wenn von einem Wechsel von Ruhe und Arbeit gar keine Rede ist. Ich glaube die Richtigkeit dieser Auffassung aus der Stickstoffausscheidung in den einzelnen Tagesperioden mindestens sehr wahrscheinlich machen zu können. Will man das Plus der Stickstoffausscheidung am 23./24. und 24./25. Mai durchaus mit der Arbeit in Zusammenhang bringen, so wäre auch noch an eine indirekte Abhängigkeit zu denken. Der Körper ist nämlich infolge der Arbeit stärker als bei den früheren Versuchen an Wasser verarmt, so dafs die kleine Steigerung der Eiweifszersetzung allenfalls auch auf Wassermangel bezogen werden könnte.[1]) Dafs der Körper gröfsere Wassermengen abgab und den Verlust bis zum Ende des Versuches nicht vollständig wieder ersetzte, geht aus den Wägungen hervor. Mein Gewicht betrug:

Tag und	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Stunde:	5 h abends		1 h mitt.		5 h abends		
kg:	81,4	81,45	80,8	78,8	79,9	80,3	80,4.

Die Schwefelausscheidung ging der Stickstoffausscheidung ziemlich parallel, wie sich am besten aus den Verhältniszahlen ergibt. Am Arbeitstage selbst und dem ersten folgenden Ruhetage wurde absolut und im Verhältnisse zum Stickstoff etwas mehr Schwefel ausgeschieden. Das Plus ist jedoch sehr unbedeutend und wird durch das relative Minus am 24./25. u. 25./26. Mai vollständig fast ausgeglichen. Die Verhältniszahlen sind folgende:

	20./21.	21./22.	22./23.	23./24.	24./25.	25./26.
$SO_3 : N = 1$:	6,6	6,7	5,9	6,3	7,0	6,8
			i. M. 6,5			

1) A. Landauer, Ungar. Archiv f. Med. Bd. 3 S. 136. — Walther Straub, Zeitschr. f. Biol. Bd. 38 S. 537.

Die Phosphorsäureausscheidung ist wieder wie bei den früheren Versuchen deutlich vermindert, wenn auch nicht so stark wie bei jenen. Das Minus am Arbeitstage und dem folgenden Ruhetage beträgt, wenn man das Mittel der beiden ersten und der beiden letzten Versuchstage (3,435 g) als Mafs nimmt, 0,82 g und 0,87 g, zusammen 1,69 g oder 24,6 % der normalen Ausscheidung. Auch die Erdphosphate zeigen am Arbeitstage eine deutliche Verminderung um ca. 13,5 % (0,51 gegen i. M. 0,598 p. d.)

Wenn wir uns nun den Ausscheidungen in den einzelnen Tagesperioden zuwenden, so finden wir zunächst die Kurve der Harnmengen weniger unregelmäfsig wie beim 2. Versuche. Nur am 21. Mai nachmittags sehen wir wieder eine Harnflut beginnen und bis um 7 h morgens des nächsten Tages anhalten, für welche die Flüssigkeitsaufnahme keine Erklärung gibt. An den Ruhetagen nach der Arbeit sind die Harnmengen fast in allen Perioden kleiner als an den Vortagen trotz vermehrter Stickstoffausscheidung durch den Harn.

Tabelle 18.

Harnmengen.

	20./21.	21./22.	22./23.	23./24.	24./25.	25./26.
5—9	122	240	215	140	154	—
9—5	498	614	579	445	462	—
5—7	155	290	134	93	111	—
7—9	135	140	128	73	79,5	—
9—11	87	70,5	78	83	63	—
11—1	98,5	79,5	64	78	73,5	—
1—3	81	61,5	55,5	50	56	—
3—5	177	65	56	61,5	69	—
	1353,5	1560,5	1309,5	1023,5	1068	1172

Die nächste Tabelle bringt dann die Zahlen für den Stickstoff, die Phosphorsäure und deren gegenseitiges Verhältnis.

Tabelle 19.

	20./21.			21./22.			22./23.[1]			23./24.			24./25.			25./26.		
	N	P_2O_5	P_2O_5 : N = 1 :	N	P_2O_5	P_2O_5 : N = 1 :	N	P_2O_5	P_2O_5 : N = 1 :	N	P_2O_5	P_2O_5 : N = 1 :	N	P_2O_5	P_2O_5 : N = 1 :	N	P_2O_5	P_2O_5 : N
5—9	2,12	0,36	5,9	3,18	0,40	7,95	3,14	0,42	7,5	2,94	0,26	11,3	3,47	0,38	9,1	—	—	—
9—5	9,04	1,09	8,3	8,84	1,39	6,4	9,77	1,05	9,3	9,46	0,94	10,0	9,90	1,39	7,1	—	—	—
5—7	2,29	0,315	7,2	2,16	0,21	10,3	1,96	0,18	10,9	2,13	0,16	13,3	2,39	0,215	11,1	—	—	—
7—9	1,99	0,22	9,0	1,67	0,16	10,4	1,92[1]	0,135[1]	14,2	1,63	0,105	15,5	1,83	0,19	9,6	—	—	—
9—11	1,415	0,16	8,8	1,14	0,20	5,7	1,36[1]	0,16[1]	8,5	1,925	0,16	12,0	1,46	0,23	6,4	—	—	—
11—1	1,48	0,195	7,6	1,24	0,20	6,2	1,16[1]	0,115[1]	10,0	1,70	0,165	10,0	1,59	0,23	6,9	—	—	—
1—3	1,28	0,20	6,4	1,04	0,21	5,0	1,06[1]	0,05[1]	21,2	1,14	0,21	5,4	1,25	0,22	5,7	—	—	—
3—5	1,40	0,16	8,7	1,12	0,16	7,0	1,15[1]	0,04[1]	28,8	1,38	0,18	7,7	1,42	0,17	8,3	—	—	—
Gesamt-Harn	21,015	2,70	7,8	20,39	2,93	7,0	21,52	2,15	10,1	22,305	2,18	10,2	23,31	3,025	7,7	—	—	—
(direkt bestimmt)	(20,84)	(3,00)	(6,95)	(20,23)	(2,93)	(6,7)	(21,30)	(2,15)	(10,0)	(22,34)	(2,10)	(10,6)	(23,19)	(3,02)	(7,7)	(21,88)	(2,93)	(7,4)

1) Arbeitstag und Arbeitsstunden.

Noch klarer als aus dieser Tabelle ergibt sich der Einflufs der Arbeit auf die Stickstoff- und Phosphorsäure-Ausscheidung aus der nebenstehenden Zusammenstellung (Tab 20): Hier zeigt sich, dafs die Arbeitsleistung unmittelbar und in den nächsten 14 Stunden gar keinen oder nahezu gar keinen Einflufs auf die Stickstoffausscheidung ausgeübt hat. Sowohl die Tagessumme als die Gröfsen der einzelnen Perioden treffen ganz nahe mit denen des Vortages zusammen. Insbesondere verdient es bemerkt zu werden, dafs die vermehrte Stickstoffausscheidung erst 14 Stunden nach der Arbeit einsetzt, was mir nachdrücklich dafür zu sprechen

Tabelle 20.

	21./22.			22./23.			23./24.[1])			24./25.			25./26.		
	N	P_2O_5	P_2O_5 : N = 1 :	N	P_2O_5	P_2O_5 : N	N	P_2O_5	P_2O_5 : N	N	P_2O_5	P_2O_5 : N	N	P_2O_5	P_2O_5 : N
7 h früh — 5 h Nachm. . .	7,565	0,935	8,1	6,21	0,98	6,7	6,65	0,50[1])	18,3	7,775	0,82	9,5	7,55	1,04	7,2
5 h — 9 h abds.	3,18	0,40	7,95	3,14	0,42	7,5	2,94	0,26	11,3	3,47	0,38	9,1	—	—	—
9 h — 5 h früh	8,84	1,39	6,4	9,77	1,05	9,3	9,46	0,94	10,1	9,90	1,39	7,1	—	—	—
5 h — 7 h »	2,16	0,21	10,3	1,96	0,18	10,9	2,13	0,16	13,3	2,39	0,215	11,1	—	—	—
Im ganzen . .	21,745	2,935	7,4	21,08	2,58	8,2	21,18	1,86	11,4	23,535	2,805	8,3	—	—	—
Tagesausscheidg. einschl. Kot .	22,655	—	—	21,99	—	—	22,09	—	—	24,445	—	—	—	—	—
Gegenüber der Einfuhr + —	— 0,2	—	—	— 0,865	—	—	—0,765	—	—	+1.59	—	—	—	—	—

1) Arbeitstag bezw. Arbeitsperiode.

scheint, dafs diese Steigerung mit der Arbeit in keinem Zusammenhange stehe. Das Minus am 22./23. und 23./24. Mai wird fast genau durch das Plus am 24./25. ausgeglichen, so dafs an den vier Tagen, 21./22. bis 24./25. Mai, zusammengenommen, fast vollkommenes Stickstoffgleichgewicht bestand: 91,18 g gegen 91,42 g.

Dagegen ist die Phosphorsäure-Ausscheidung am Arbeitstage ganz auffällig vermindert und durch keine nachfolgende Mehrausscheidung kompensiert, so dafs die Zurückhaltung von Phosphor bezw. Phosphorsäure auch diesmal aufser Zweifel zu stehen scheint.

Fassen wir das Ergebnis der 3 Versuche zusammen, so ergibt sich:

1. In Bestätigung der bereits vorliegenden Feststellungen anderer Forscher kann erhebliche Muskelarbeit geleistet werden, ohne dafs es zu irgend einer Steigerung der Zersetzung von Eiweifs kommt. Dies trifft zu, wenn der Körper reichlich mit stickstofffreien Nährstoffen versorgt ist.
2. Auch wenn man die Ausscheidungen der einzelnen Tagesperioden gesondert untersucht, stellt sich unter dieser Bedingung keine Steigerung des Eiweifsstoffwechsels heraus. Es kommt also dann auch nicht zu einer vorübergehenden Mehrzersetzung, die etwa durch einen nachfolgenden Ansatz in der Ruhezeit noch innerhalb des Arbeitstages ausgeglichen und dadurch bei Untersuchung des vereinigten Tagesharnes der Wahrnehmung entzogen wird.
3. Unter besonders günstigen Bedingungen kann es sogar während der Arbeitszeit selbst schon zu einem Eiweifsansatze kommen.
4. Die Ausnutzung der Nahrung wird durch mäfsige Muskelarbeit nicht beeinflufst.
5. In allen drei Versuchen kam es infolge der Muskelarbeit zu einem Ansatze von Phosphorsäure (oder Phosphor); allerdings in einem sehr ungleichen Mafse.

Dieses letztere Ergebnis ist so auffällig, dafs es weiterer Nachforschung nach den Ursachen der Erscheinung würdig ist.

Die Durchsicht der Litteratur ergibt, dafs anscheinend bisher nur ein einziges Mal eine derartige Wirkung der Muskelarbeit beobachtet, aber nicht weiter beachtet worden ist.

Pettenkofer und Voit[1]) fanden bei ihrem arbeitenden Manne keine Veränderung der Phosphorsäureausscheidung gegenüber der Ruhe. Dieselbe betrug bei mittlerer Kost 4,11 g gegen 4,19 g in der Ruhe; bei Hunger und Arbeit 2,95 g gegenüber 3,15 g bei stickstofffreier Kost und Ruhe.

Georg Engelmann[2]) beobachtete bei einem Versuche Gleichbleiben der Phosphorsäuremenge im Harn, bei einem zweiten Versuche an der einen Versuchsperson zuerst geringes Absinken (0,2 g), dann Ansteigen, an der zweiten Versuchsperson sofortiges Ansteigen derselben während der Arbeit.

Chéron[3]) wollte gefunden haben, dafs bei Paralysis agitans die Phosphorsäureexcretion sehr bedeutend, bis aufs Dreifache gesteigert sei, was wenigstens zum Teil auf den Stoffwechsel der Muskeln hätte bezogen werden können. Die Unrichtigkeit dieser Angabe wurde aber von Gürtler[4]) und Ewald[5]) erwiesen, und später haben Theod. Pfeiffer und Wilh. Scholz[6]) dargethan, dafs im hohen Alter mit und ohne Paralysis agitans negative Phosphorbilanz bestehe.

C. Speck[7]) beobachtete Vermehrung der Phosphorsäure im Harn bei Muskelarbeit.

W. North[8]) fand bei drei Versuchen am Menschen (Marsch) die Phosphorsäure einmal, bei der geringsten Arbeitsleistung nicht gesteigert, in zwei anderen Fällen gesteigert. Gleichzeitig

---

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 2 S. 544.
2) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1871.
3) Progrès medical 1877.
4) G. Gürtler, Inaug.-Diss. Breslau 1882.
5) Berl. klin. Wochenschr. 1883, No. 32 u. 33.
6) Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 63 S. 368.
7) Archiv f. experim. Pathol. u. Therap. Bd. 15 S. 81.
8) Proc. royal society t. 36 p. 11.

wurde in allen drei Reihen mehr Stickstoff ausgeschieden als aufgenommen.

A. Mairet[1]) behauptet, dafs die Arbeit die Ausscheidung von Phosphorsäure im Harne des Menschen um so mehr steigere, je phosphorärmer seine Kost sei. Er fand bei gemischter Kost bei Arbeit die Phosphorsäuremenge von 1,57 auf 1,74 g gesteigert, bei rein vegetabilischer Kost von 1,52 auf 1,92 g p. d.

Kornél Preysz[2]) bestimmte zunächst bei konstanter Kost und im Stickstoffgleichgewichte die Phosphorsäure zu 2,56 bis 3,00 g, i. M., 2,78 g für den Ruhetag. Als binnen fünf Stunden ein Weg von 25 km zurückgelegt wurde, stieg die Phosphorsäure auf 4,17 g.

V. Olsavszki[3]) bestimmte bei einem mit Milch gefütterten Hunde (5 kg) die mittlere Ausscheidung an 10 Tagen zu 0,3175 g, während der Hund am 11. Tage, als er 16 km weit lief, 0,57 g und am 12. Ruhetage nur 0,28 g Phosphorsäure ausschied.

Dunlop, Paton, Stockman und Maccadam[4]) konstatierten bei excessiver Muskelarbeit Steigerung des Eiweifszerfalles, durch Mehrausscheidung von Stickstoff und Schwefel nachweisbar, ohne gleichzeitige Steigerung der Phosphorsäure, der Harnsäure und des Extrakt-Stickstoffs.

Während somit fast alle bisher erwähnten Beobachter eine Vermehrung oder das Gleichbleiben der Phosphorsäure-Ausscheidung im Gefolge der Muskelarbeit melden, berichten Fleischer und Penzoldt[5]) von einem Versuche an einer hungernden Hündin, welche an dem Arbeitstage, an dem sie durch zwei Stunden angestrengteste Arbeit hatte leisten müssen, eine kolossale Verminderung der Phosphorsäure-Ausscheidung im Harne auf $^1/_{20}$ der normalen Menge aufwies. Dieses Minus wurde aber in der darauffolgenden Nacht durch eine Mehrausscheidung fast vollständig kompensiert und die nächsten 12 Tagesstunden

1) Compt. rend. t. 99 p. 243.
2) Malys Jahresber. f. Tierchemie 1891, Bd. 21.
3) Malys Jahresber. 1891, Bd. 21.
4) Journ. f. Physiol. 1897, Bd. 22.
5) Virchows Archiv Bd. 87 S. 239.

brachten sogar ein kleines Plus, so dafs es sich in diesem Versuche zum Unterschiede von den meinigen nur um eine Verschiebung der Ausscheidung handelte.

Ganz ähnlich liegt es bei dem Versuche von Horst Örtel[1]) an der Versuchsperson F., wo am Arbeitstage die Gesamt-Phosphorsäure im Harne von im Mittel 1,858 g in der Ruhe bei gleichbleibender Stickstoffausscheidung auf 1,510 g fiel, um am folgenden Ruhetage wieder auf 2,117 g zu steigen. Dagegen scheint nur der Versuch Örtels an der Person E. mit dem meinigen übereinzustimmen. Es ist der einzige übereinstimmende, den ich in der Litteratur finden konnte.

	N	Ges.-P_2O_5	$P_2O_5 : N =$
1. Tag	17,93	3,244	1 : 5,5
2. »	15,33	3,348	1 : 4,6
3. »	18,90	3,592	1 : 5,2
4. » (Arbeit)	18,23	2,237	1 : 8,1
5. »	17,31	3,057	1 : 5,6
6. »	14,74	2,953	1 : 5,3

Es wäre müfsig, Hypothesen zu machen, in einem Zeitpunkte, wo man noch gar nicht weifs, ob die Erscheinung der Phosphorsäure-Zurückhaltung unter den von mir gewählten Versuchsbedingungen allgemein eintritt oder ob es sich etwa um eine individuelle Besonderheit handelt.

Hinterdrein bereue ich, nicht neben der Phosphorsäure auch den organisch gebundenen Phosphor (Glycerinphosphorsäure) im Harne bestimmt zu haben, da dadurch jetzt eine kleine Lücke klafft. Glücklicherweise liegen Versuche von Horst Örtel[2]) vor, die beweisen, dafs die Ausscheidung von organischem Phosphor durch die Muskelarbeit nicht vermehrt wird. Auch A. Ceconi[3]), der eine solche Vermehrung konstatiert haben will, fand nur so geringe Unterschiede (40 mg P_2O_5 bei Arbeit gegen 11—28 mg bei Ruhe p. d.), dafs wohl nicht daran zu denken ist, es könnte ein irgend erheblicher Bruchteil des Phos-

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1898, Bd. 26 S. 123.
2) Horst Örtel, a. a. O.
3) 7. Kongrefs f. innere Med. in Rom 1896.

phors, der in der Form organischer Verbindungen nicht erschienen ist, in organischer Bindung ausgeschieden worden sein.

Darf man die von mir beobachtete Erscheinung vielleicht damit zusammenbringen, dafs nach den Untersuchungen von Mac Leod[1]) ermüdete Muskel des Hundes mehr Gesamtphosphor enthalten als ruhende (0,444 % gegen 0,376 %) und dieser Zuwachs auf der Zunahme des wasserunlöslichen Phosphors beruht (0,166 % gegen 0,097 %)[2])?

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1899, Bd. 28 S. 555.

2) Vergl. auch Weyl und Zeitler, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1882, Bd. 6 S. 537.

Eine Bemerkung über Katalase.

Von

O. Loew.

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit[1]) hat Raudnitz gefolgert, daſs die Zersetzung des Wasserstoffoxyds durch Milch einem speciellen Enzym zukomme, für das er den Namen Superoxydase vorschlägt. Wahrscheinlich ist dem Autor entgangen, daſs ich bereits vor längerer Zeit die Individualität jenes Enzyms bewiesen und den Namen Katalase vorgeschlagen habe. Raudnitz hat bloſs gezeigt, daſs dieses Enzym verschieden von den bekannten Oxydasen der Milch ist. Der Name Superoxydase würde schon wegen Möglichkeit der Verwechselung mit dem Peroxydase (Linassier) genannten Enzym kaum als glücklich gewählt bezeichnet werden können.

Eine vorläufige Notiz über Katalase erschien vor zwei Jahren in »Science« und in der Chemiker-Zeitung, die ausführliche Abhandlung war schon im September 1900 abgeschlossen, gelangte aber erst im Mai 1901 zum Druck als Report Nr. 68 des U. S. Department of Agriculture in Washington[2]), unter dem Titel:

---

1) Beiträge zur Kenntnis der oxydativen Fermente und der Superoxydasen. Zeitschr. f. Biol. Jubelband zu Ehren des 70. Geburtstages Carl v. Voits, S. 91.

2) Die Publikationen jenes Departements werden in freigebiger Weise jedem franko und kostenfrei zugesandt, welcher sich brieflich an dasselbe wendet.

Catalase, A new Enzym of General Occurrence. Jene Abhandlung enthält folgende Abschnitte: Historische Notizen. Gehört die Eigenschaft, Wasserstoffsuperoxyd zu zersetzen einem der bis jetzt bekannten Enzyme an? Zwei Arten von Katalase. Allgemeines Verhalten der α- und β-Katalase. Wirkungsgrad der β-Katalase. Verhalten zu Salzen, Säuren, Basen, Alkohol, Chloroform, Phenol, Formaldehyd, Blausäure, Schwefelwasserstoff, Hydroxylamin, Phenylhydrazin. Allgemeines Vorkommen von α- und β-Katalase. Ist Katalase ein oxydierendes Enzym? Die physiologische Bedeutung der Katalase.

Der Ablauf der Eiweifszersetzung nach Fütterung mit abundanten Eiweifsmengen.

Von

Otto Frank und **R. Trommsdorff.**

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

Verändert man die dem tierischen Organismus in der täglichen Nahrung zugeführte Eiweifsmenge, so verändert sich die täglich ausgeschiedene Stickstoffmenge zuerst schnell, dann immer langsamer, bis sie allmählich einen konstanten Wert erreicht. Auch für den Übergang von dem Hunger zur Eiweifsfütterung gilt dieser Satz. Ist die in der Nahrung enthaltene Eiweifsmenge überhaupt genügend, so kann die von dem Tier ausgeschiedene Stickstoffmenge die in der Nahrung zugeführte erreichen. Das Tier gelangt dann in das Stickstoffgleichgewicht bezw. in ein neues Gleichgewicht (C. Voit). Die Kurve des zeitlichen Verlaufs der täglichen Stickstoffausscheidungen verändert sich also in dem beschriebenen Fall stetig, um dann in eine zur Abscisse parallele Gerade überzugehen, deren Lage in dem Gleichgewichtsfall der zugeführten Stickstoffmenge entspricht.

Dieser stetige gleichmäfsige Anstieg bezw. Abfall der Kurve und das nachherige Konstantbleiben ist jedoch nur scheinbar, und wird dadurch vorgetäuscht, dafs man bei dem beschriebenen Versuch die Ausscheidungen nicht in genügend kurzen Intervallen untersucht hat. Beobachtet man den Verlauf der Ausscheidungen in kürzeren Tagesabschnitten, so sieht man, dafs

die Gröfse der Ausscheidungen oscillierend sich verändert, und dafs während des Stickstoffgleichgewichts keine vollständige Konstanz stattfindet, sondern ein Oscillieren um einen gewissen Mittelwert, dafs also die Ausscheidungen in bestimmten, von den Fütterungszeiten abhängigen Perioden auf und abschwanken. Ähnlich werden wir, wenn wir den Blutdruck mit einem zu trägen Instrument oder einem stark gedämpften Manometer aufschreiben, nach einem Herzstillstand oder überhaupt bei einer Vermehrung der aus dem Herzen ausgeworfenen Blutmenge ein gleichmäfsiges zuerst rasches dann immer langsames Ansteigen und schliefslich ein Gleichbleiben des Blutdrucks aufgezeichnet erhalten, während doch der Blutdruck mit den einzelnen Herzschlägen stark auf und ab schwankt. Ebenso würde ein Tetanus, der aus nicht vollständig verschmolzenen Zuckungen besteht, von einem ähnlich gearteten Instrument nicht richtig aufgezeichnet werden. Die kurzdauernden Schwankungen in der Muskellänge würden dem Registrierapparat entgehen.

Wenn aber eine vollständige Analyse des Zusammenhangs der Erscheinungen in jedem dieser oder ähnlicher Fälle gelingen soll, mufs man den Ablauf der Vorgänge in kürzeren Intervallen, sozusagen in dem Zeitdifferential untersuchen.

Es ist schon öfter die Ausscheidung der Stoffwechselprodukte, nach der Fütterung mit Eiweifs — wenn die Erscheinungen möglichst rein zu Tage treten sollen, mufs man die Beigaben von Kohlehydraten oder Fetten oder Extraktivstoffen möglichst vermeiden — zeitlich verfolgt worden. Wegen der älteren Litteratur sei auf das Handbuch des allgemeinen Stoffwechsels von C. Voit S. 107 verwiesen. Wir knüpfen hauptsächlich an zwei Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu München an, die Abhandlungen von L. Feder[1]), der die stündliche Ausscheidung des Stickstoffs untersucht hat, und von M. Rubner[2]), der aufserdem die Kohlensäureausscheidung beobachtet hat.[3]) In dieser

1) Zeitschr. f. Biol. 1883, Bd. 17 S. 531.

2) Beiträge zur Physiologie. Carl Ludwig gewidmet 1887, S. 259.

3) A. Magnus-Levy hat die stündliche O-Aufnahme nach Eiweifsfütterungen festgestellt. Pflügers Arch. Bd. 55 S. 69, s. S. 279 unserer Arbeit.

Abhandlung beabsichtigen wir, über Versuche zu berichten, in denen wir auf Anregung von Herrn Professor C. Voit gleichzeitig die Stickstoffausscheidung, die Kohlensäureabgabe und die Kohlenstoffausscheidung im Harn in kürzeren Intervallen festgestellt haben.

Eine derartige Untersuchung, wie wir sie uns vorgenommen haben, hat mit einer Reihe grofser Schwierigkeiten zu kämpfen.

Zunächst mit technischen. Die Untersuchung erfordert eine grofse Anzahl von Beobachtungen und Analysen. Die Arbeit dürfte kaum von einem Beobachter zu bewältigen sein, da auch noch die Nachtstunden zu Hilfe genommen werden müssen. So kann es leicht vorkommen, dafs bei der Schnelligkeit, mit der die einzelnen Manipulationen erledigt werden müssen, eine mehr oder weniger wichtige Beobachtung unterlassen wird, und die Sicherheit des Resultates gefährdet wird. So ist wahrscheinlich eine der letzten Angaben des Versuchs 4 zweifelhaft geworden. Aber auch bei der sorgfältigsten und zuverlässigsten Beobachtung findet die Ermittelung des Ablaufs der Zersetzungen ihre vorläufig unübersteigbaren Grenzen in der Leistungsfähigkeit der Methode selbst und in den unvermeidlichen Unregelmäfsigkeiten, welche durch das Verhalten des Tiers während der Untersuchung bedingt sind, insbesondere die Bestimmung der Kohlensäureausscheidung durch die Unruhe des Tiers. Man gelangt also schon von dieser Seite rasch an die Grenze des Erreichbaren.

Ein anderes Hindernis ist mehr theoretischer Natur. Um den Zusammenhang der Erscheinungen, die wir hier betrachten, vollständig aufklären zu können, mufs eine Reihe anderer Vorgänge bekannt sein, die in Beziehungen mit jenen stehen. Wie fast alle physiologischen Beziehungen, sind auch diese äufserst verwickelter Natur, und die vielleicht einfaehen Gesetze oder Regeln, nach denen die Zersetzungen vor sich gehen, werden durch die Verknüpfung der Zersetzungsvorgänge mit einer ganzen Reihe von Vorgängen in dem Tierkörper verhüllt.

Man mufs schon gründlich schematisieren, wenn man den ganzen Komplex der Erscheinungen, die mit der Zersetzung des Eiweifses in Zusammenhang stehen, nur in drei grofse Kategorien bringen will.

Es sind die Vorgänge der Resorption des verfütterten Materials. Dann die eigentlichen Zersetzungsvorgänge, die man im gewöhnlichen Sprachgebrauch als Stoffwechsel bezeichnet.

Zum Schlufs die Vorgänge, die bei der Ausscheidung der gebildeten Zersetzungsprodukte stattfinden. Es sind im wesentlichen die Prozesse, die sich in der Niere und der Lunge abspielen.

Durch diese drei grofsen Prozesse wird zum Schlufs das zeitliche Auftreten der Zersetzungsprodukte in den Exkreten und der Ausatmungsluft bedingt, aus dem allein wir im allgemeinen auf den Ablauf der Zersetzungen in dem Organismus schliefsen.

Wenn man zunächst einmal davon absieht, dafs die eigentlichen Zersetzungsvorgänge schon an sich dadurch verwickelt werden, dafs bei ihnen ein ständiges Ab- und Zuströmen zu den Zersetzungscentren stattfindet, so wäre es notwendig, um ihren Ablauf zu erkennen, genau den zeitlichen Verlauf der Resorptionsvorgänge und der Ausscheidungsprozesse erforscht zu haben. Hier sind wir nun sehr weit von diesem Ziel entfernt. Für beide Prozesse steht es endgültig fest, dafs sie nicht nach einfachen uns jetzt zur Verfügung stehenden physikalischen Regeln verlaufen oder bestimmter, dafs sie weder durch Filtration noch durch Osmose erklärbar sind, durch Vorgänge, auf die man sie bis jetzt zurückzuführen bestrebt war. Aber selbst, wenn dieses der Fall wäre, sind die Regeln auch hier wieder durch die Bewegungen des Darmtraktus und die Bewegungen und die eigentümlichen chemischen Verhältnisse des Blutes so kompliziert, dafs es bis jetzt noch nicht möglich ist, den Ablauf der Resorption auch nur annäherungsweise aus derartigen Gesetzen im voraus zu konstruieren. Wir sind auch hier auf das physiologische Experiment angewiesen. Wegen der Schwierigkeiten der Untersuchung liegen nur wenige Angaben vor. Die hauptsächlichsten sind in der Arbeit von Schmidt-Mühlheim[1]) enthalten. Die uns durch diese Arbeit gewordene Kenntnis ist aber, wie schon Feder hervorgehoben hat, äufserst lückenhaft.

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1879, S. 39.

Sie basiert auf einem einzigen Versuch, zu dem, wie das in der Natur der Sache liegt, den zu untersuchenden Resorptionsperioden entsprechend, verschiedene Tiere verwendet werden mufsten, so dafs individuelle und andere Einflüsse den Ablauf der Resorptionskurve stark entstellen. Es läge im Interesse der Sache, wenn diese allerdings sehr mühsamen und kostspieligen Versuche unter Herbeiziehung unserer neu gewonnenen Kenntnisse der Eiweifschemie wiederholt würden.

Noch lückenhafter ist unsere Kenntnis von den Gesetzen der Ausscheidungen der gebildeten Zersetzungsprodukte. Man spricht sehr oft von Zurückhaltung des Stickstoffs und nachträglicher Ausscheidung desselben, ohne dafs man versucht hätte, an Stelle dieser etwas vagen Ausdrucksweise eine bestimmte Regel zu setzen. Über die Abhängigkeit der Ausscheidungen der gasförmigen Produkte der Zersetzungen von ihrer Konzentration im Blut bezw. in den Körpersäften wissen wir ebenfalls nichts.

Nach alledem scheint es zunächst noch wenig lukrativ, die Regeln, denen der zeitliche Ablauf der Zersetzungen folgt, aufsuchen zu wollen. Ja vielleicht wird es immer der gangbarste Weg sein, rein empirisch den Gang der Ausscheidungen der Zersetzungsprodukte festzustellen, selbst wenn es uns nach der vollständigen Kenntnis der Gesetze der Resorption und der Ausscheidungen und der Zersetzungen möglich wäre, durch Aufstellung einer entsprechenden Anzahl von Differentialgleichungen diese Erscheinungen zu verfolgen.

Wenn wir trotzdem versuchen, aus den geringfügigen uns bekannten Daten und unseren Versuchsresultaten schematisierend den Ablauf der Erscheinungen durch einige Differentialgleichungen anzudeuten, so thun wir dies deshalb, weil wir glauben, dafs derartig verwickelte Probleme von den verschiedensten Seiten angegriffen werden müssen. Wir müssen auch hier wie Feder bekennen, dafs durch unsere Untersuchungen eigentlich keine der unser Gebiet berührenden Fragen gelöst worden ist, sondern als einziges Verdienst dieser Untersuchung hinstellen, dafs die Probleme, die noch zu lösen sind, durch sie bestimmter als bisher

fixiert werden können. Abgesehen davon sind natürlich die Thatsachen, die durch unsere Untersuchungen gefördert worden sind, an sich als Grundlagen für spätere Untersuchungen von Wert.

Allgemeiner Gang der Untersuchungen.

Wir benutzten zu unseren vier Versuchen einen jungen sehr ruhigen Jagdhund von etwa 20 kg Gewicht. In den drei letzten Versuchen hungerte der Hund vor den eigentlichen Versuchstagen eine entsprechende Zeit. Bei dem ersten Versuch wurde er drei Tage vor dem eigentlichen Versuch mit annähernd derselben Menge »Eiweifs« gefüttert, die er auch nachher am Versuchstag erhielt. An dem Versuchstag selbst wurde dem Hund die sehr beträchtliche und ihm wenig zusagende Menge Eiweifs vorgesetzt. Einen Teil frafs er von selbst. Das weitere wurde zu Klöfsen geballt und eingeschoppt, was ohne Schwierigkeiten quantitativ gelang. Die ganze Manipulation nahm nur sehr wenig Zeit, etwa $^1/_4$ Stunde, in Anspruch.

Das verfütterte »Eiweifs« wurde in derselben Weise dargestellt, wie von Rubner bei seinen Studien über die Isodynamie der verschiedenen Nahrungsstoffe. Rindfleisch wurde nach der von C. Voit in die Technik des Stoffwechsels eingeführten Methode sorgfältig ausgeschnitten, dann mit lauwarmem Wasser mehrmals ausgelaugt und ausgeprefst. Es sollen dadurch die »Extraktivstoffe« entfernt werden.

Die verfütterten Mengen waren im Vergleich zum Körpergewicht beträchtlich gröfser als die in den angegebenen Untersuchungen verfütterten. Sie betrugen (s. Tab. 1) ca. 900 bis 1200 g. Unser ausgelaugtes Fleisch hatte ungefähr denselben Gehalt an Trockensubstanz wie frisches. Daher sind diese Zahlen mit den Angaben der Fleischmengen in den Arbeiten von Feder und Rubner vergleichbar. Die von uns verfütterte Menge war im Maximum 68 g für das Körperkilo, in den Versuchen von Feder: 20 und 40 g und in den Versuchen von Rubner, bei denen das Körpergewicht des Tieres nicht angegeben ist, das wir aber nach der Kalorienproduktion als ebenso

grofs wie bei unserem Versuch schätzen können, weniger als die Hälfte der von uns verfütterten Menge.

Von einem Teil dieses Fleisches wurde eine Trockenbestimmung ausgeführt. Aufserdem wurde der Gehalt dieser Trockensubstanz an Ätherextrakt nach Pflüger-Dormeyer festgestellt.

Der Harn der einzelnen Perioden wurde durch Katheterisieren genau abgegrenzt. Im Kot und Harn bestimmten wir den Stickstoff nach Kjeldahl. Der Kohlenstoff des Harns wurde nach der Kjeldahlschen Methode auf nassem Wege ermittelt. Die Kohlensäureausbildung des Tieres bestimmten wir durch den Pettenkofer-Voitschen Respirationsapparat.

Die Ausnutzung des verfütterten Eiweifses.

Zunächst sind ein paar Worte über die Ausnutzung der verfütterten Nahrung zu sagen. Wie weit es sich hier um eine Feststellung des nicht vom Darmkanal verarbeiteten Materials, oder um die Abscheidung von Sekreten der Darmwand und zerfallenen Darmzellen handelt, interessiert uns hier nicht. Es ist nur nötig, die Menge des im Kot den Organismus verlassenden Stickstoffs und des Kohlenstoffs zu untersuchen. Wir haben nur einen Ausnutzungsversuch während des Versuches 3 angestellt. Die Abgrenzung des Kotes wurde durch Knochen vorgenommen. Da es wohl nicht möglich ist, den Kot für einen Tag abzugrenzen, so schlossen wir vor den Fütterungstag und nach ihm einige Hungertage an. Die ganze Zeit, während der Kot gesammelt wurde, erstreckte sich auf 7 Tage. Die Menge der getrockneten Exkremente betrug 27,69 g mit 1,566 N. Der Kohlenstoff wurde nicht bestimmt. Um die auf den Fütterungstag gefallene Stickstoffmenge zu berechnen, müssen wir in Betracht ziehen, dafs an den 6 Hungertagen nach Rubner[1]) 1,54 % des Stickstoffs, der überhaupt ausgeschieden wurde, im Kot erschienen ist. Unser Hund schied im Harn während eines Hungertages 4,56 N aus, also im Kot während eines Tages 0,07 oder 0,42 in 6 Tagen. Es bleiben also für den Fütterungstag 1,1455 N oder 0,404 N für 100 g verfüttertes Eiweifs. Rubner hatte bei

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 21 S. 250.

seinem Hund 0,23 N gefunden. Die Menge Eiweifs, die wir unserem Hund verfütterten, war aber viel bedeutender, so dafs wohl die Ausnutzung deshalb eine schlechtere gewesen sein mag. Wir stellen diese Thatsache nur fest, ohne bei unseren Berechnungen weiteren Gebrauch davon zu machen. Wir werden vielmehr die Rubnerschen Zahlen benutzen, weil Rubner den kalorischen Wert der Exkrete festgestellt hat (s. S. 274).

Der zeitliche Verlauf der Stickstoffausscheidung.

Konstruiert man aus den Daten der Versuche die N-Kurven, so ergibt sich folgendes über die Lage der ausgezeichneten Punkte und den Verlauf dieser Kurven. Die Deutung dieser Verhältnisse werden wir erst in einem späteren Abschnitt dieser Abhandlung versuchen. Während C. Voit[1]) bei seiner Untersuchung am Menschen, bei dem er gefunden hatte, dafs nach einer reichlichen aus Eiern und Fleisch bestehenden Kost das Maximum dieser zuerst ansteigenden und dann wieder abfallenden Kurve in der siebenten Stunde liegt, und Feder dasselbe Resultat für eine Fütterung von 20 g pro Körperkilo erhalten hatte, lag es bei dem Versuch Feders, bei dem er den Hund mit einer gröfseren Portion Muskelfleisch: 40 g pro Körperkilo, gefüttert hatte, schon weiter zurück: in der achten Stunde. Unser Hund hatte eine noch gröfsere Menge Eiweifs erhalten als der 25 kg schwere Hund Feders: nämlich etwa 68 pro Kilo. In dem ersten Versuch, bei dem, wie erwähnt, vor dem eigentlichen Versuchstag einige Tage mit der gleichen Fütterung vorausgegangen waren, ebenso wie bei dem Hunde Feders, der sich hierbei im vollständigen Stickstoffgleichgewicht befand, lag das Maximum der Stickstoffausscheidung im Harn etwas nach der achten Stunde. Dagegen war es bei den Versuchen 2, 3 und 4, bei denen der Hund vorher gehungert hatte, noch weiter hinausgeschoben. Versuch 2: Maximum bei 10,5 Stunden, Versuch 3 in der elften Stunde, Versuch 4 nach 11,5 Stunden. (Die Lage der Maxima durch graphische Interpolation annähernd bestimmt.) Wir

1) Physiologisch-chemische Untersuchungen S. 42. | Augsburg 1857. Referiert. Voit, Handb. d. allgem. Stoffwechsels S. 107.

Tabelle 1.

Datum	Versuchs-No.[1])	Dauer	Erhält: Ausgelaugtes Fleisch	Erhält: Trocken-substanz	Erhält: Äther-extrakt	Gibt ständl. ab: Stick-stoff	Gibt ständl. ab: Kohlen-säure
22. V. 00	I Vortag	24 Std.	787			1,036	
23. » »	»	» »	720			1,054	
24. » »	»	» »	800			1,240	
25. » »	I 1	4 St. 35 M.	898	25,5	8,389	1,091	15,86
	I 2	4 » — »				1,858	17,16
	I 3	5 » 30 »				1,788	16,01
	I 4	9 » 55 »				0,762	14,32
Summa in g für 24 Std.			898	229	19,2	29,76	
25. VI. 00	II Vortag	24 Std.	0			0,1868	
26. » »	»	» »	0			0,1764	11,49
27. » »	II 1	4 St. – M.	986,5	27	9,755	0,7233	16,05
	II 2	4 » – »				1,405	16,23
	II 3	5 » 37 »				1,854	16,04
	II 4	10 » 23 »				1,209	13,72
Summa in g für 24 Std.			986,5	266,4	26,0	31,46	
13. II. 01	III Vort.	24 Std.	0			0,1832	
14. » »	» »	» »	0			0,1944	10,88
15. » »	III 1	4 St. 9 M.	1191	23,8	11,16	0,917	14,16
	III 2	3 » 14 »				1,373	14,25
	III 3	5 » 44 »				1,592	14,19
	III 4	10 » 53 »				1,064	12,83
Summa in g für 24 Std.			1191	283,5	31,34	29,08	
16. II. 01	III Nach-periode	8 St. 15 M.	0			0,3926	12,38
13. III. 01	IV Vort.	24 Std.	0			0,2089	11,43
14. » »	IV 1	3 S. 12 M.	1114	24,0	4,146	0,695	{ 12,72[2]) 13,39[2])
	IV 2	3 » 9 »				1,113	13,48
	IV 3	3 » 10 »				1,405	13,67
	IV 4	4 » 19 »				1,482	13,52
	IV 5	10 » 10 »				1,290	?
Summa in g für 24 Std.			1114	267,4	11,16	30,03	?
15. III. 01	IV Nach-periode	7 St. 23 M.	0			0,6029	

1) Die Bezeichnung der Versuche und Perioden wird in den weiteren Tabellen beibehalten. 2) Perioden von $1^1/_2$ stündiger Dauer.

wollen diese Thatsache, die nicht durch Fehlerquellen der Untersuchung vorgetäuscht sein kann, hier einfach registrieren, ohne uns mit der Deutung zu beschäftigen (s. S. 286). Von Feder ist die Ursache der, wie erwähnt, auch von ihm beobachteten Erscheinung des verschiedenen zeitlichen Verlaufes der Kurve auf Unterschiede in der Resorptionsgeschwindigkeit zurückgeführt worden.

Wenn auch der Verlauf der Kurven in Bezug auf die Lage des Maximums vollständig mit den Ergebnissen der Untersuchung Feders und derjenigen von C. Voit prinzipiell übereinstimmt, und sich hier im wesentlichen von der verfütterten Menge und von der vorausgegangenen Ernährung abhängig zeigt, wäre es immer noch möglich, daſs infolge der verschiedenartigen Fütterung, die in den zu vergleichenden Versuchen stattfand, der ganze Ablauf der Kurve ein anderer als bei den Federschen Versuchen war. Wir haben unser Tier mit extraktfreiem Fleisch gefüttert, während von Feder gewöhnliches Muskelfleisch angewendet worden ist. Aus unseren Versuchen ist jedoch ein solcher Unterschied nicht zu erschlieſsen. Eine vollständige Vergleichung ermöglichen unsere Versuche überhaupt nicht, weil Feder nur bei einem in Stickstoffgleichgewicht befindlichen Hund die Zersetzungen untersucht hatte, während unser Hund in Versuch 1 immerhin noch eine beträchtliche Menge Stickstoff ansetzte. Um jedoch einen gewissen Anhaltspunkt zu gewinnen, haben wir für die beiden zu vergleichenden Versuche, denjenigen von Feder mit den groſsen Eiweiſsmengen und unseren Versuch 1 ein charakteristisches Verhältnis berechnet, nämlich das Verhältnis der in maximo ausgeschiedenen Stickstoffmenge zu der durchschnittlichen des ganzen Tags. Bei dem Federschen Versuch in maximo: 2,255, im Durchschnitt: 1,446, Verhältnis: 1,56. Bei unserem Versuch in maximo: 1,858, im Durchschnitt 1,193, Verhältnis: 1,56, also das Verhältnis in beiden Versuchen das gleiche. Wenn aber die Lage der Maxima und ihre relative Gröſse in beiden Fällen gleich ist, so kann ein wesentlicher Unterschied in dem übrigen Verlauf der beiden Kurven nicht bestehen.

Wir können also aus unseren Versuchen nicht schliefsen, dafs es einen Einflufs auf die Ausscheidung des Stickstoffs hat, ob man gewöhnliches oder extrahiertes Fleisch verfüttert. Ein genauer Vergleich wäre erst möglich, wenn bei demselben Tier nach vorausgegangener gleicher Fütterung die ganz gleiche Stickstoffmenge in beiden Fällen verfüttert würde.

Zum Schlufs wollen wir noch darauf aufmerksam machen, dafs sich die Kurven der Ausscheidungen in den verschiedenen bei ein und demselben Tier ausgeführten Versuchen immer mehr verflachen. So sinkt eine ähnliche Verhältniszahl, wie diejenige, die wir soeben gebildet haben, nämlich das Verhältnis der in maximo ausgeschiedenen N-Menge zu derjenigen der vorausgegangenen Hungerperiode von 10,5 in Versuch 2 auf 8,2 in Versuch 3 und zum Schlufs auf 7,1 in Versuch 4. Diese Erscheinung dürfte wohl in Verbindung mit der oben erwähnten zeitlichen Hinausschiebung des Maximums in diesen Versuchen stehen.

Der zeitliche Ablauf der Kohlensäureausscheidung und der Vergleich desselben mit dem Ablauf der Stickstoffausscheidung.

Wie zuerst Rubner nachgewiesen hat, zeigt die Kohlensäureausscheidung nach der Fütterung mit Eiweifs ähnliche Schwankungen wie die Stickstoffausscheidung. Seine beiden Versuche wurden mit wesentlich geringeren Mengen Eiweifs angestellt als unsere, erlauben daher keinen vollkommenen Vergleich mit unseren Versuchen. Aufserdem untersuchte Rubner nur in 6stündigen Perioden, so dafs sich eine genauere Feststellung des Maximums seiner Kurven nicht ausführen läfst. Doch geht aus seinen Versuchen so viel hervor, dafs die Kurve der Kohlensäureausscheidung sehr steil ansteigt, so dafs das Maximum der Kurven früher als das Maximum der Stickstoffausscheidungskurven eintritt. Unsere Versuche geben diesem Schlufs Gewifsheit. Wir können bei unserem Versuch 1 das Maximum etwa auf die sechste Stunde setzen, ebenso bei Versuch 2, bei Versuch 3 erscheint es in der siebenten Stunde, in Versuch 4 in der siebenten bis achten Stunde. Man kann viel-

leicht hieraus erkennen, dafs in den späteren Versuchen die Lage des Maximums ebenso wie bei der Stickstoffausscheidung hinausrückt. Ein genauerer Entscheid über diese Frage ist nicht möglich, weil die Bestimmung der ausgeschiedenen Kohlensäure an gröfseren Fehlern krankt als die Bestimmung des ausgeschiedenen Stickstoffs, und weil die bei dem scheinbar völlig ruhenden Tier immerhin noch vorhandenen geringfügigen Muskelbewegungen Unregelmäfsigkeiten in der CO_2-Produktion bedingen konnten. Ebenso scheinen ähnlich wie bei den Kurven, welche die Stickstoffausscheidung darstellen, die Kurven der CO_2-Ausscheidung bei den Versuchen 2, 3 und 4, also bei den Versuchen, bei denen das Tier vorher gehungert hatte und nicht durch eine vorausgegangene Fütterungsperiode annähernd auf Stickstoffgleichgewicht gebracht worden war, gestreckter zu verlaufen als in Versuch 1, die langsamer auf den früheren Hungerwert absinkt.

Was uns das Wichtigste bei dem Vergleich der beiden Kurven scheint, ist die Thatsache, dafs die beiden Kurven der Kohlensäureausscheidung und der Stickstoffausscheidung nicht parallel verlaufen, sondern, dafs die Ausscheidung der gasförmigen Endprodukte der Zersetzungen rascher ihr Maximum erreicht als diejenige des durch die Niere ausgeschiedenen. Wir deuten schon durch die Fassung dieses Satzes an, dafs man die Ursache für diese Erscheinung in der Verschiedenheit der Prozesse suchen könnte, durch welche diese Endprodukte zur Abscheidung gebracht werden. Wir müssen in der That, ehe wir weitere Schlüsse über die eigentlichen Zersetzungsvorgänge ziehen, uns zunächst vergewissern, ob die erwähnte auffallende Thatsache nicht durch einen der beiden anderen Prozesse, die nach den Auseinandersetzungen im Eingang unserer Abhandlung schliefslich zeitliche Auftreten der Zersetzungsprodukte in den Exkreten bedingen, durch die Vorgänge, die sich bei der eigentlichen Resorption und bei der Ausscheidung der Endprodukte der Zersetzungen abspielen. Wenn auch durch die Verdauungsvorgänge die Zusammensetzung des verfütterten Eiweifses etwas geändert wird, so wird dies nicht so wesentlicher Natur sein, dafs

dadurch diese auffallende Verschiedenheit in dem Auftreten der beiden Zersetzungsprodukte bedingt sein könnte. Dagegen widerspricht bis jetzt keine der bekannten Thatsachen der Sekretionsphysiologie der Annahme, dafs die Nieren die Zersetzungsprodukte langsamer ausscheiden als die Lungen. Ja, eine gewisse, durch histologische Thatsachen gestützte Wahrscheinlichkeit spricht in der That dafür, dafs eine solche Differenz existiert. Man vergleiche den einfachen Aufbau der Lungen mit dem komplizierten Sekretionsmechanismus der Nieren. Durch einen solchen Hinweis auf die histologischen Verhältnisse ist jedoch erst die Möglichkeit für eine Erklärung eröffnet. Irgend welcher Entscheid wird nur durch eine unmittelbare Analyse der Vorgänge ermöglicht.

Eine unmittelbare systematische Untersuchung der Verhältnisse der Nierensekretion existiert nun, so viel wir wissen (siehe unsere obige Bemerkung), nicht. Wir wissen nicht, wie grofs die in der Zeiteinheit abgeschiedene Stickstoffmenge bei einer gewissen Konzentration der in dem Blut bezw. der Lymphe enthaltenen, den Zersetzungsprodukten angehörigen Stickstoffmenge ist. Wir besitzen also von dieser Seite aus durchaus keinen Anhalt, abgesehen davon, dafs wir über die mechanischen Verhältnisse: die Schnelligkeit der Harnwanderung durch die Nierenwege hindurch nicht die geringsten Kenntnisse besitzen.

Um jedoch zu einem gewissen Urteil zu kommen, können wir noch einen anderen Weg einschlagen, der uns allerdings nur bedingte Sicherheit gewährt. Wir können aus den Daten unserer Versuche, indem wir sie so benutzen, als ob sie ein richtiges Mafs für die wirklich in der Zeitfolge stattgefundenen Zersetzungsvorgänge wären, die in den einzelnen Perioden sich ergebenden Stoffbilanzen und ebenso die Energieproduktion in den verschiedenen Perioden in der gewöhnlichen Weise berechnen, und können dann zusehen, ob die erhaltenen Werte eine gewisse innere Wahrscheinlichkeit besitzen, d. h. ob die sich so ergebenden Thatsachen mit auf anderem Wege schon früher gefundenen Gesetzen des Stoffwechsels übereinstimmen. Wir wollen diese Berechnungen ausführen und vorher eine Übersicht

über die von uns benutzten, zum Teil selbst bestimmten, zum Teil hauptsächlich aus den Arbeiten Rubners entlehnten Konstanten geben.

Der Kohlenstoffgehalt des Harns in den einzelnen Perioden.

Von grofser Wichtigkeit für die Berechnung der Stoffbilanzen ist die Feststellung des Kohlenstoffgehalts des Harns. Sie ist bis jetzt überhaupt noch nicht für einzelne Tagesabschnitte vorgenommen worden. Unsere Analysen haben nun einige nicht uninteressante Daten ergeben. Wir stellen, wie bisher, die von uns erhaltenen Werte mit einigen anderen, auf deren Bedeutung wir noch zu sprechen kommen, in einer Tabelle (Tab. 2) zu-

Tabelle 2.

Periode	C/N im Harn	N im Harn stündlich	Nutzeffekt für 1 N
Hungerharn			
III	0,7683	0,1944	24,94
II	0,7340	0,1764	24,94
Fleischharn			
II 1	0,6166	0,7223	25,88
II N.[1])	0,5785	0,3502	26,19
III 1	0,5676	0,9170	26,29
III N.[1])	0,5619	0,3936	26,33
III 2	0,5496	1,373	26,44
II 2	0,5327	1,405	26,58
III 4	0,5188	1,064	26,74
III 3	0,5134	1,592	26,79
II 4	0,5013	1,209	26,95
II 3	0,4787	1,854	27,26

sammen. Es zeigt sich nun, dafs das Verhältnis C/N im Harn — auf dieses kommt es bei den folgenden Betrachtungen an — noch beträchtlich unter den von Rubner für den Harn nach Eiweifsfütterung gefundenen Werth heruntergehen kann. Hierbei ist zunächst zu bedenken, dafs Rubner geringere Eiweifsmengen verfüttert hat. Aber der Grund liegt doch hauptsächlich darin, dafs auch dieses Verhältnis im Laufe des Fütterungs-

1) Die den beiden Versuchen folgenden »Nachperioden«.

tages eine periodenweise erfolgende regelmäfsige Schwankung zeigt. Bei dem zweiten Versuch geht es von 0,734 des vorhergehenden Hungertages durch 0,6166 der ersten Periode auf 0,4787 in der dritten Periode herab. Ebenso fällt es in dem dritten Versuch von 0,7683 des Hungerharns auf 0,5134 in der dritten Periode stetig herab. In beiden Versuchen steigt es dann in der letzten — vierten — Periode und der nachfolgenden Hungerperiode des nächsten Tages wiederum an. Das Verhältnis sinkt also in der dritten Periode des zweiten Versuches nahezu an dasjenige des Harnstoffs = 0,429 heran. In dieser Periode ist der Harn, von den Salzen abgesehen, eine fast reine Harnstofflösung: es sind ihm nur wenige andere organische stickstoffhaltige oder -freie Stoffe beigemischt.

Man sieht aus der Tabelle sofort, dafs im allgemeinen die Gröfse von C/N von der Geschwindigkeit abhängt, mit welcher der Stickstoff im Harn aus dem Körper austritt. Diese Abhängigkeit ist von solcher Regelmäfsigkeit und Bestimmtheit, dafs sich die Werte der beiden Versuche in eine Kurve bringen liefsen. Doch zeigt sich, dafs aus dieser ununterbrochenen Reihe vier Werte ausfallen, in beiden Versuchen aber in übereinstimmender Weise: die Werte, die dem letzten, etwa 10,5 Stunden dauernden Abschnitt des Fütterungstags angehören und die zwei Werte der beiden Versuche, welche das Verhältnis in der dem Hauptversuch folgenden, etwa 10 Stunden dauernden, Nachperiode angenommen hatte. (Perioden II 4, III 4, II N, III N.) Hier ist der Kohlenstoffgehalt des Harns, verglichen mit den anderen Werten der beiden Versuche bei gleichen Ausscheidungsgeschwindigkeiten, zu niedrig bezw. der Stickstoffgehalt zu hoch. Man sollte also bei einer weiteren näheren Untersuchung dieser Erscheinungen erwarten, dafs die übrigen stickstoffhaltigen Stoffe des Harns oder die anderen organischen Stoffe desselben einen geringeren Bruchteil der Harnbestandteile in den letzten Perioden des Fütterungstages und dem folgenden Hungertag ausmachten als zu Beginn der Fütterungszeit. Es wäre jedenfalls von Interesse, diesen eigentümlichen Verschiebungen in der Zusammensetzung des Harns nach Eiweifsfütterung nachzu-

gehen. Es würde sich wohl mancher dunkle Punkt in der Eiweifszersetzung dadurch aufklären lassen. Vorläufig verbietet es sich von selbst wegen der nur spärlichen Anhaltspunkte, die wir bis jetzt erhalten haben, über die Frage, aus welchen Umständen diese Verschiebung in der Zusammensetzung des Harns zu erklären sei, weiter zu diskutieren. Es sind ja die qualitativen Verhältnisse der Eiweifsspaltung im Tierkörper noch lange nicht geklärt genug, um in dieser Frage eine eingehende Spekulation zuzulassen. Man kann natürlich, ohne dafs ein Entscheid jetzt möglich wäre, auch wieder daran denken, dafs dieses merkwürdige Verhalten der Harnzusammensetzung durch die Ausscheidungsprozesse des Harns bedingt sei.[1])

Berechnung der Stoffbilanzen und der Energieproduktion.

Nachdem wir somit über die quantitativen Verhältnisse der Zersetzungsprodukte, so weit wir sie bestimmt haben, einen kurzen Überblick erhalten haben, wollen wir zunächst mitteilen, in welcher Weise wir die Stoffbilanzen berechnet haben. Es fehlt zur vollständigen Feststellung der Eiweifs- und Fettzersetzungen die Kenntnis der Kohlenstoff- und der Stickstoffausscheidung im Kot. Die Stickstoffausscheidung haben wir zwar für einen Versuch ermittelt (s. oben S. 264). Wir ziehen es jedoch vor, hier die Zahlen zu benutzen, die Rubner[2]) angegeben hat, und zwar deshalb, weil Rubner für seinen Versuch den Verbrennungswert festgestellt hat, den wir dann auch benutzen wollen. Die Differenzen können auf keinen Fall grofs sein. Jedenfalls verändern sie den Charakter des sich aus diesen Berechnungen ergebenden Ablaufs der Zersetzungen nicht, weil wir doch die in den verschiedenen Tagesabschnitten im Kot ausgeschiedenen

---

1) Eine willkommene Bestätigung erfahren diese Überlegungen durch die von M. Gruber in dem Jubelband zu Ehren C. Voits dieser Zeitschrift veröffentlichten Beobachtungen über den Kretiningehalt des Harns nach Fleischfütterung. Er fand den Kretiningehalt in dem der Fütterungsperiode folgenden Hungertag relativ sehr niedrig. Wir bemerken ausdrücklich, dafs unsere Überlegungen vollständig niedergeschrieben waren, als uns diese Arbeit zu Gesicht kam. Wir haben danach auch nichts an der Fassung geändert.

2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 21 S. 250.

stündlichen N- und C-Mengen als gleich hätten annehmen müssen. Rubner hat bei seinem Hund festgestellt, dafs die für 100 g trockenes Eiweifs im Kot während des Tages ausgeschiedenen N- und C-Mengen je 0,23 und 1,52 betragen. Für die Hungertage wurden ebenfalls nach Rubners Angaben die oben schon mitgeteilten Zahlen benutzt. Um aus der ausgeschiedenen Stickstoffmenge die aus dem zersetzten Eiweifs stammende C-Menge zu berechnen, wurde das Verhältnis 3,38 für C/N im Fleisch angenommen. Mit diesen Konstanten läfst sich dann aus der gesamten N- und C-Ausscheidung nach bekannten Vorbildern die Gröfse der Eiweifs- und Fettzersetzung berechnen. Die berechneten Gröfsen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

(Siehe Tabelle auf S. 275.)

Einige Schwierigkeiten bietet die Berechnung der von dem Tier in den einzelnen Versuchen produzierten Wärmemengen. Hierzu mufste der Nutzeffekt des Eiweifses wenigstens für die einzelnen Abschnitte des Fütterungstages berechnet werden, d. h. aus den Rubnerschen Angaben interpoliert werden. Da je nach der Gröfse von C/N der Verbrennungswert des Harns und damit der Nutzeffekt des Eiweifses (Rubner) wechselt, mufste aus der Gröfse von C/N in den verschiedenen Perioden der Verbrennungswert erschlossen werden. Rubner hat für C/N = 0,728 im Hunger den Nutzeffekt zu 24,94 Kalorien, für C/N = 0,523 nach seiner Eiweifsfütterung den Nutzeffekt zu 26,66 Kalorien bestimmt. Für die dazwischen liegenden Werte unserer Versuche wurden die entsprechenden Werte durch Interpolation berechnet. Um für die Harne, die noch geringere Werte von C/N aufwiesen, die Verbrennungswerte zu berechnen, wurde der Verbrennungswert des reinen Harnstoffs herangezogen, und nun für unsere anderen Werte von C/N, die zwischen denjenigen des Harns bei reiner Eiweifsfütterung und des Harnstoffs lagen, die betreffenden Werte interpoliert. Die aus dieser Berechnung und der Annahme eines Verbrennungswertes von 5722 Kalorien für 1 g Kot nach Rubner ermittelten Nutzeffekte sind in der Tabelle 4 zusammengestellt (s. auch Tab. 2), die zugleich auch

Tabelle 3.

Periode	Kohlenstoff				Stickstoff			Fett-C zersetzt	C aus Eiweifs an
	Respiration	Kot	Harn	Summe	Kot	Harn	Summe		
Vortag					0,020	1,036	1,056		
»					0,020	1,054	1,074		
»					0,020	1,240	1,260		
I 1	4,325	0,145	0,6116	5,082	0,022	1,091	1,113	1,544	0
I 2	4,681	0,145	0,8874	5,713	0,022	1,888	1,880	0	0,267
I 3	4,365	0,145	0,8726	5,383	0,022	1,788	1,810	0	0,367
I 4	3,916	0,145	0,4074	4,468	0,022	0,7617	0,7837	1,976	0
Mittel				4,996			1,265	0,979	
(In 24 Std.)				(120,0)			(30,36)	(23,49)	
Vortag						0,1868			
»	3,132	0,1020	0,1296	3,364	0,027	0,1764	0,1791	2,795	0
II 1	4,440	0,1688	0,4449	5,054	0,0252	0,7223	0,7478	2,676	0
II 2	4,457	0,1688	0,7490	5,375	0,0252	1,405	1,431	0,825	0
II 3	4,374	0,1688	0,8890	5,432	0,0252	1,854	1,881	0	0,548
II 4	3,741	0,1688	0,6061	4,516	0,0252	1,209	1,235	0,586	0
Mittel				4,957			1,336	0,725	
Vortag						0,1832			
»	2,968	0,1080	0,1491	3,225	0,031	0,1944	0,1975	2,597	0
III 1	3,862	0,1795	0,5205	4,563	0,027	0,917	0,9442	1,561	0
III 2	3,886	0,1795	0,7548	4,820	0,027	1,373	1,400	0,370	0
III 3	3,872	0,1795	0,8170	4,869	0,027	1,592	1,619	0	0,281
III 4	3,493	0,1795	0,5530	4,226	0,027	1,064	1,091	0,760	0
Mittel				4,520			1,230	0,610	
Nachperiode	3,376	0,1105	0,2206	3,707	0,0063	0,3926	0,3989	2,437	0
Vortag	3,117	0,102	0,1570	3,376	0,0034	0,2089	0,2123	2,707	0
IV 1	3,560	0,169	0,4313	4,160	0,0257	0,6952	0,7207	1,870	0
IV 2	3,673	0,169	0,6223	4,464	0,0257	1,113	1,387	0,844	
IV 3	3,727	0,169	0,7580	4,654	0,0257	1,405	1,431	0,104	
IV 4	3,685	0,169	0,7714	4,625	0,0257	1,482	1,508	0	0,170
IV 5	?			?	0,0257	1,290	1,316	?	?
Mittel				?			1,262		
Nachperiode	?			?	0,0096	0,6029	0,6125	?	

die Werte der aus der Zersetzung des Eiweifses und des Fettes resultierenden und der Gesamt-Kalorienproduktion enthält.

Tabelle 4.

Periode	Nutzeffekt für 1 N	Kalorien aus Eiweifs	Kalorien aus Fett	Summe der Kalorien
I 1	26,40	29,38	18,91	48,29
2	27,27	48,95	0	48,95
3	27,13	45,95	0	45,95
4	26,62	20,85	24,19	45,04
Mittel	26,95	34,10	11,99	46,09
II Vortag	24,94	4,47	34,21	38,68
II 1	25,88	19,38	32,78	52,16
2	26,58	38,00	10,10	48,10
3	27,26	46,60	0	46,60
4	26,95	33,28	7,18	40,46
Mittel	26,95	36,00	8,88	44,88
III Vortag	24,94	4,930	31,79	36,72
III 1	26,29	24,82	19,12	43,94
2	26,44	37,00	4,53	41,53
3	26,79	41,00	0	41,00
4	26,74	29,14	9,32	38,46
Mittel	26,66	32,80	7,47	40,27
Nachperiode	26,34	10,50	29,84	40,34
IV Vortag	24,94	5,24	33,14	38,38
IV 1	25,82	18,60	22,90	41,50
2	26,37	30,00	10,33	40,33
3	26,62	38,60	1,27	39,87
4	26,72	38,82	0	38,82
5	26,97	30,66	?	?
Mittel	26,66	33,61	?	?
Nachperiode	26,95	16,50	?	?

C/N Harn: I 1: 0,5605, I 2: 0,4786, I 3: 0,4875, I 4: 0,5350, I M.: 0,5015, IV V: 0,7512, IV 1: 0,6200, IV 2: 0,5580, IV 3: 0,5327, IV 4: 0,52, IV 5: 0,50, IV M: 0,523, IV N: 0,50. (Berechnet, nicht beobachtet.)

Was zunächst die Stoffbillanz anbetrifft, so zeigt sich als hervorstechendes Merkmal derselben, dafs — nach unserer Berechnung, die wir ja vorläufig als richtig annehmen wollen —,

die Fettzersetzung in der ersten Periode gegenüber der Hungerzersetzung abzunehmen beginnt, bis sie etwa in der Periode der stärksten Stickstoffausscheidung ihr Minimum erreicht, um dann wieder bis zu dem der Fütterung folgenden Hungerwerte anzusteigen. Die Fettzersetzung kann in den mittleren Perioden sozusagen negativ werden, d. h. es wird in ihnen aus dem verfütterten Eiweifs Kohlenstoff angesetzt. Der Ansatz findet auch statt, wenn im Durchschnitt während des ganzen Tages kein Kohlenstoff aus Eiweifs angesetzt worden ist, der angesetzte C wird in diesen Fällen, zu denen unsere sämtlichen Versuche gehören, in den späteren Abschnitten des Tages wieder in dem Körper verbraucht. Bekanntlich kann ja bei sehr starker Fütterung mit Eiweifs die Gesamtbilanz des Tages einen Ansatz von C ergeben. Auf der anderen Seite werden natürlich noch geringere Fütterungen mit Eiweifs, wie sie z. B. Rubner bei seinen Versuchen angewendet hat, die Fettzersetzung im Verlauf des Fütterungstages wohl heruntergehen lassen, aber ohne dafs ein C-Ansatz aus Eiweifs in den mittleren Perioden zu stande käme. Wir führen als Beleg die aus dem ersten Rubnerschen Versuch durch die gleiche Berechnung, wie wir oben angestellt haben, sich ergebenden Zahlen an (s. Tab. 5). Dabei haben wir das C/N des Harns approximativ nach Analogie unserer Versuche in der ersten und letzten Periode des Rubnerschen Versuchs zu 0,55, in den beiden mittleren zu 0,52 angenommen. Diese Schätzung genügt vollständig, um den Charakter des Ablaufs der Zersetzungen, so weit wir ihn durch die gewöhnliche Berechnungsweise überhaupt ermitteln können, festzustellen. Die aus der Zersetzung von Fett stammende, in den Exkreten ausgeschiedene Kohlenstoffmenge belief sich danach in den aufeinander folgenden 6stündigen Perioden des Rubnerschen Versuchs zu: 13,91, 8,18, 9,13 und 13,94. Das Ergebnis stimmt also vollständig mit demjenigen überein, das wir bei unseren Versuchen ausgerechnet haben.

(Siehe Tabelle auf S. 278.)

Dieser Verlauf der Zersetzungen, wie er soeben beschrieben worden ist, war nach allem, was wir über die Verschiebung in

Tabelle 5.

Stickstoff		Kohlenstoff			Fett-C	Kalorien		
Harn	Gesamt	Respiration	Harn	Gesamt		aus Eiweifs	aus Fett	Gesamt
5,06	5,126	26,99	2,78	30,21	13,91	133,7	170,4	304,1
6,11	6,176	24,20	3,18	27,82	8,18	163,0	100,2	263,2
4,64	4,706	21,24	2,41	24,09	9,13	124,0	111,2	235,2
2,76	2,826	20,96	1,52	22,92	13,94	73,0	171,0	244,0

C/N: 0,55, 0,52, 0,52, 0,55. Nutzeffekt: 26,44, 26,72, 26,72, 26,44.

den Zersetzungen nach Eiweifsfütterung wissen, zu erwarten. Selbstverständlich könnte dabei im einzelnen der Ablauf der Zersetzungen von dem von uns festgestellten, teils wegen der Bestimmungsfehler etc., oder durch die Gründe, die wir schon oben erwähnt haben, und die wir bald noch ausführlicher erörtern wollen, veranlafst, stark abweichen. Wir haben uns deshalb auch vorläufig auf eine genauere Analyse des Ablaufs nicht eingelassen, sondern uns mit dem Hinweis auf die Änderung in dem Verhältnis der Fettzersetzungen und der Eiweifszersetzungen begnügt. Diese stimmen, wie gesagt, mit dem zu Erwartenden überein. Denn an dem der Fütterung vorausgegangenen Hungertag (Versuch 2, 3 und 4) ist die Fettzersetzung sehr beträchtlich gegenüber der Eiweifszersetzung, sie sinkt dann an dem Fütterungstag stark ab, während sie an dem darauffolgenden Hungertag wieder ansteigt. Dies ist durch die Tagesbilanzen solcher Versuche festgestellt worden. Wenn nun diese Veränderung stetig vor sich geht, und daran ist nicht zu zweifeln, dann ist der Ablauf der Zersetzungen in den einzelnen Perioden des Tages, wie wir ihn gefunden haben, vollständig klar, und es ist auch leicht verständlich, dafs die stündliche Fettzersetzung in der mittleren Tagesperiode noch unter diejenige des Tagesmittels heruntergeht.

Anders steht es mit der Kalorienproduktion in den verschiedenen Tagesabschnitten, wie sie sich aus unserer Rechnung ergibt. Was die Produktion während des ganzen Tages anbetrifft, so ist von Rubner festgestellt worden, dafs sie bei Eiweifsfütterung die Produktion im Hunger übertrifft, in dem

Rubnerschen Versuche[1]) um 2,9%. In unseren Versuchen, bei denen wir gröfsere Mengen Eiweifs verfütterten, stieg sie noch beträchtlicher an: So in Versuch 2 um ca. 16%, in Versuch 3 um 10%. Man sollte nun erwarten, dafs die Kalorienproduktion im Lauf des Tages stetig bis zu einem gewissen Maximum ansteigen würde, um dann wieder auf den Wert der nachfolgenden Hungerperiode abzusinken.[2]) Dies ist jedoch nach dem Ergebnis unserer Berechnungen durchaus nicht der Fall. Auf das Maximum der Eiweifszersetzungen, wie es uns durch die Ausscheidungskurve des Stickstoffs gegeben wird, fällt nicht, wie man erwarten sollte, das Maximum der Kalorienproduktion, sondern es fällt auf die erste Periode. Die Kalorienproduktion steigt sofort sehr stark an nach der Fütterung und sinkt dann sofort wieder ab. Bei dem Rubnerschen Versuch, dessen nach den oben angegebenen Grundsätzen berechnete Zahlen wir in der Tab. 5 zusammengestellt haben, steigt die Energieproduktion sogar am Ende des Tages wiederum an. Die Kurve der Energieproduktion besitzt also bei diesem Versuch an der Stelle, an der wir ein Maximum erwarten mufsten, ein Minimum. Die Existenz eines solchen ist auch bei unserem Versuch 3 durch das Wiederansteigen der Energieproduktion in der Nachperiode, dem ersten Abschnitt des dem Fütterungstag folgenden Hungertages, angedeutet. Der ganze Verlauf aller Kurven ist ja, wie wir schon oben bemerkten, bei der Fütterung mit grofsen Eiweifsmengen etwas hinausgezogen.

Das Ansteigen der Kalorienproduktion in der ersten Periode ist nun sehr beträchtlich. Es beträgt in dem zweiten Versuch 35%, in dem dritten Versuch 20%, in dem vierten Versuch nur 8%. Bei Rubner beträgt die Differenz des Maximums der Produktion in der ersten Periode gegenüber dem Minimum in der dritten Periode 36%.

Die kleinen Fehler, welche dadurch gemacht worden sein mögen, dafs wir zur Berechnung unrichtige Konstanten verwertet

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 22 S. 40.

2) Nach den Versuchen von A. Magnus-Levy thatsächlich der Fall, a. a. O. S. 71.

haben, können dieses Resultat nicht hervorgerufen haben. Die Differenzen dieser Konstanten in den einzelnen Perioden gegenüber den richtigen sind jedenfalls sehr gering, so dafs der Ablauf der Zersetzungen, wofern überhaupt diese Berechnungen einen Sinn haben, im grofsen Ganzen durch unsere Versuche und Berechnungen richtig dargestellt worden ist.

Eine Vermehrung der Sekretionsarbeit, welche während der Verdauung des Eiweifses stattfindet, dürfte ebenfalls keine derartig hohe Steigerung der Energieproduktion zur Folge haben, wie sie beispielsweise in dem zweiten Versuch beobachtet worden ist. Aufserdem würde die Annahme, dafs dieser eigentümliche Ablauf in der Kalorienproduktion im Laufe des Tages durch die Sekretionsarbeit bedingt ist, nicht das Wiederansteigen der Kalorienproduktion am Ende des Tages bezw. in der Nachperiode erklären. Die Weiterführung unserer Betrachtungen in dieser Richtung würde nur zu ganz vagen Vermutungen führen.

Aber es ist auch möglich, dafs unsere Berechnung auf einer ganz falschen Voraussetzung beruht, nämlich derjenigen, dafs das zeitliche Auftreten der Zersetzungsprodukte in den Exkreten identisch ist mit dem Ablauf der Zersetzungen.

Um über diese Frage ins Klare zu kommen, müfsten wir zunächst das Gesetz kennen, nach dem die Ausscheidung der Zersetzungsprodukte quantitativ erfolgt. Zur Einfachheit wählen wir die Nierensekretion für unsere folgenden Betrachtungen. Es ist nun, obwohl direkte Beobachtungen in dieser Richtung noch nicht angestellt worden sind, durchaus wahrscheinlich, dafs die Schnelligkeit, mit der eine Substanz in den Harn übertritt, wenn man von der jeweilig wechselnden Beschaffenheit der Nierenzellen absieht, von der Konzentration, mit der die Substanz in den Körpersäften, dem Blut und der Lymphe der Nierengefäfse enthalten sind, abhängig ist. Die Schnelligkeit steigt und sinkt mit der Konzentration. Wir können sie im folgenden in erster Annäherung als der Konzentration proportional setzen. Wenn man nun die Abflufsgeschwindigkeit dieser Substanzen in Beziehung zu der Zersetzungsgeschwindigkeit bringen will, so hat man sich zu überlegen, dafs die in dem

Zeitdifferential gebildete geringe Substanzmenge zum Teil zur Erhöhung der Konzentration der Zersetzungssubstanz in den Säften dient, zum Teil in den Harn übergeführt wird. Wir können so die Differentialgleichung aufstellen, welche dem Schema der Nierensekretion, das wir soeben entworfen haben, entspricht. Bezeichnen wir die Geschwindigkeit, mit der sich die Zersetzungssubstanz — hier im wesentlichen der Harnstoff — aus dem zersetzten Eiweifs bildet, mit V, die Konzentration des Zersetzungsproduktes (etwa die Anzahl Gramm-Moleküle im Liter Blut oder Lymphe) mit C, und sei N eine Konstante (eventuell auch eine Funktion), dann lautet die Differentialgleichung, welche die oben erwähnten Beziehungen ausdrückt:

$$Vdt = dC + N \cdot C \cdot dt;$$

V ist als periodische Funktion der Zeit aufzufassen.

Ehe wir die Differentialgleichung diskutieren, wollen wir uns an einen Vergleich erinnern, den wir im Eingang unserer Arbeit gebraucht haben. Er weist uns bei der Diskussion dieser Gleichung auf bereits bekannte Bahnen. Wir verglichen die täglichen Schwankungen in den Ausscheidungen der Zersetzungsprodukte mit den Schwankungen des Blutdrucks bei dem Pulsschlag. Nun erinnern wir uns, dafs zur Ableitung der Druckpulskurve aus der Geschwindigkeitspulskurve schon eine ähnliche Differentialgleichung aufgestellt worden ist.[1]) Alle Folgerungen, die für diese Beziehungen gelten, sind auch für die Beziehungen zwischen der Kurve, welche die Zersetzungsgeschwindigkeiten darstellt (analog: Geschwindigkeitspulskurve) und der Kurve der Abscheidungsgeschwindigkeiten (analog: Druckpulskurve) richtig. Wir wollen auf diese bereits abgeleiteten Beziehungen im einzelnen nicht näher eingehen, sondern nur die wichtigen Sätze[2]) daraus hervorheben, die für unsere Verhältnisse umgeformt lauten: Das Maximum der Kurve der Abscheidungsgeschwindigkeiten fällt später als das Maximum der Kurve der Zersetzungsgeschwindigkeiten und je kleiner N ist, um so weiter rücken die

1) O. Frank, Die Grundform des arteriellen Pulses. Zeitschr. f. Biol. Bd. 37 S. 428.

2) s. S. 502 a. a. O.

beiden Maxima voneinander. Wir fügen noch folgende Bemerkungen, die in anderen Teilen der citierten Abhandlung über Puls zu finden sind, hinzu: Auch wenn die Zersetzungsgeschwindigkeit konstant geworden ist (im Hunger), ändert sich die Abscheidungsgeschwindigkeit noch. Kennt man die Abhängigkeit der Absonderungsgeschwindigkeit von der Konzentration der Zersetzungsprodukte im Blut, so läfst sich aus der Kurve der Absonderungsgeschwindigkeiten die Kurve der Zersetzungsgeschwindigkeiten ermitteln. Daraus ist mit aller Sicherheit zu schliefsen, dafs unsere Kurve, welche die Abscheidungsgeschwindigkeit in der Niere (genauer in der Blase) darstellt, die einzige Kurve, die wir bis jetzt direkt erhalten können, nicht identisch ist mit der Kurve der Zersetzungsgeschwindigkeiten, die wir erlangen wollten, und die wir den obigen Berechnungen zu Grunde legen müfsten.

Wir erinnern uns auch jetzt an das oben diskutierte Resultat unserer Untersuchung, dafs das Maximum der Kohlensäureausscheidung früher fällt als das Maximum der Stickstoffausscheidung. Wenn nun die Ausscheidung der gasförmigen Produkte leichter erfolgt als die Abscheidung der in der Niere in dem Harn zu Tage tretenden Produkte, was ja nach dem oben Gesagten eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich hat, oder in der Sprache unserer Differentialgleichung gesprochen, wenn die Konstante der Gleichung eine andere für die Ausscheidung der Kohlensäure (N gröfser als bei der Niere) wäre, als für die Abscheidung des Stickstoffs, dann würde sich die Inkongruenz der Kurven von dieser Seite aus erklären. Könnten wir danach die richtigen Kurven konstruieren, so würde die Berechnung der Stoffbilanzen und der Energieproduktion andere Resultate ergeben, und zwar in der Richtung, dafs das Maximum der Kalorienbildung zeitlich etwas hinausgerückt würde. In den ersten Perioden ist ja verhältnismäfsig mehr Stickstoff entstanden als in der Abscheidungskurve erschienen ist. Die Berechnung würde wegen des geringeren Verbrennungswertes des Eiweifses eine geringere Kalorienbildung ergeben als die von uns ermittelte. Unmöglich ist es natürlich, bis jetzt den Fehler, den man begeht, wenn man die Berechnung so anstellt, wie wir sie angestellt

haben, und wie sie gewöhnlich angestellt wird, zu schätzen bezw. die richtige Kurve zu konstruieren. Damit ist es auch unmöglich zu bestimmen, ob wirklich in den ersten Perioden eine auffallende Mehrerzeugung von Energie stattfindet, und aus welcher Ursache sie entspringen könnte. Eine Diskussion über diese Verhältnisse dürfte zur Zeit als müfsig erscheinen.

Dabei wollen wir noch hinweisen, dafs schon von Rubner[1]) gefunden worden ist, dafs die Berechnung für den der Fütterung nachfolgenden Tag eine sehr geringe Kalorienproduktion ergibt, dafs sie sogar unter den vorhergehenden Hungerwert heruntergeht. Rubner hat in diesem Falle eine »Zurückhaltung von Stickstoff« an dem Fütterungstag angenommen, die wiederum eine Erhöhung der Energieproduktion an dem eigentlichen Fütterungstag bedingt hätte, eine Auffassung, der wir soeben genauen Ausdruck verliehen haben. Es ist klar, dafs man unter diesen Umständen ganz davon absehen mufs, die Frage zu erörtern, in welcher Art die Vertretungswerte der Stoffe in den einzelnen Perioden sich gestalten, kurz die Fragen, welche das von Rubner formulierte Isodynamiegesetz berühren. Diese Fragen werden überhaupt hier gegenstandslos.

Wir können aber unsere jetzigen Betrachtungen, die wir über die Abhängigkeit der Ausscheidungskurve von der eigentlichen Zersetzungskurve angestellt haben, noch nach einer anderen Seite erweitern. Wir können ebenso die Frage nach der Beziehung der Zersetzungskurve des Eiweifses zu der Kurve der Resorptionsgeschwindigkeit desselben in dem Darmkanal erörtern. Das Gesetz, das die Abhängigkeit der Zersetzungen des Eiweifses beherrscht, wird nach C. Voit[2]) so formuliert: Das Eiweifs der Nahrung gelangt in den Säftestrom: vermehrt das cirkulierende Eiweifs und damit die Zersetzung. Es ist dies nichts anders als der Ausdruck des Guldberg-Waagschen Massenwirkungsgesetzes, für eine unimolekulare Reaktion, wenn man statt der Menge des cirkulierenden Eiweifses die Konzentration desselben setzt. Danach ist die Reaktionsgeschwindigkeit proportional der

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 22 S. 40.

2) C. Voit, Handb. d. allg. Stoffwechsels No. 1 S. 363.

Konzentration des hauptsächlich in Reaktion tretenden Stoffs. Man sieht dann leicht, dafs dieselbe Differentialgleichung wie oben für die Beziehung der Resorptionsgeschwindigkeit und der Zersetzungsgeschwindigkeit aufzustellen wäre. Als Hauptresultat der Diskussion derselben folgt dann auch der ähnliche Satz: Die Kurve der Zersetzungsgeschwindigkeiten hat ihr Maximum hinter der Kurve der Resorptionsgeschwindigkeiten, einen Satz, den man bei dem Vergleich der Schmidt-Mühlheimschen Resorptionskurve mit der Zersetzungskurve (N-Kurve), wie schon von Feder betont worden ist, wohl bestätigt finden kann.

Auch alle anderen, in der genannten Arbeit abgeleiteten Sätze haben für die Beziehungen unserer Kurven ihre Analoga. Wir wollen hier nur noch auf zwei Folgerungen aufmerksam machen, die sich als unmittelbare mathematische Schlüsse aus dem von uns angenommenen Schema ergeben. Auch wann die Resorption schon aufgehört hat, ist die Zersetzungsgeschwindigkeit noch erhöht, ebenso wie der Blutdruck auch nach dem Aortenklappenschlufs nicht konstant bleibt. Dieses Absinken der Zersetzungsgeschwindigkeit erfolgt nun in derselben Weise wie das Absinken des Druckes in dem zweiten, diastolischen Teil der Pulskurve. In unserem Schema würde dieses Absinken in der Form einer Exponentialkurve vor sich gehen (s. S. 486 der citierten Abhandlung). Diese Kurven haben die Eigentümlichkeit, dafs sie im Anfang sehr rasch absinken, während sie sich nur sehr allmählich, eigentlich erst nach unendlich langer Zeit, asymptotisch einem Grenzwert nähern. In unserem Falle würde also die Zersetzungsgeschwindigkeit sich zuerst sehr schnell nach dem Aufhören des Zuströmens in die Säfte, dann aber sehr allmählich dem schliefslichen Hungerwert nähern. Bei den Verhältnissen, wie sie die Stoffwechselversuche bieten, wird dieser letzte Teil der Exponentialkurve bald unkenntlich und seine Eigentümlichkeiten durch die unvermeidlichen Unregelmäfsigkeiten des Versuchs verdeckt, so dafs man sagen kann, nach zwei Tagen ist der Hungerwert schon wieder erreicht. (C. Voit.)

Ferner sieht man bei der Fortführung des Vergleichs der Zersetzungen nach der Eiweifsfütterung mit den Verhältnissen

in dem Kreislauf (dem Windkessel einer Feuerspritze), dafs hier wie dort stationäre Verhältnisse unter verschiedenen Umständen eintreten können. Ebenso wie bei der Steigerung der in der Zeiteinheit in das Gefäfssystem einströmenden Blutmenge so lange eine Steigerung des Blutdrucks eintritt, bis die abfliefsende Menge gleich der in das Gefäfssystem einströmenden ist, also ein neuer stationärer Zustand (S. 506 der citierten Abhandlung) erreicht worden ist, ebenso bilden sich bei Steigerung der dem Organismus zugeführten Stickstoffmengen neue Gleichgewichtszustände aus.

Ferner wird bei jeder Steigerung der aus dem Herzen ausgeworfenen Blutmenge eine gewisse Blutmenge in dem arteriellen System zurückgehalten, die bei der Verminderung der Auswurfmenge des Herzens wieder aus dem arteriellen System verschwindet. Ebenso wird in den Tagen, in denen der Körper bei der Steigerung der in der Nahrung zugeführten Stickstoffmenge einem neuen Gleichgewicht zustrebt, Stickstoff in ihm aufgespeichert, und umgekehrt bei der Verminderung der gefütterten Eiweifsmenge wieder von ihm abgegeben, bis er in das neue niederere Gleichgewicht gelangt. (C. Voit.)

Bei keinem der Nahrungsstoffe läfst sich so deutlich eine Abhängigkeit von der Zersetzungsgröfse, richtiger der Zersetzungsgeschwindigkeit von der aufgenommenen Menge nachweisen als bei dem Eiweifs. Auf diese Erscheinungen ist aufser von C. Voit sehr eingehend von E. Voit[1]) aufmerksam gemacht worden. Es ist auch von dem letzteren versucht worden, nach Aufnahme einer der anderen organischen Nahrungsstoffe, der Fette oder der Kohlehydrate ähnliche Beziehungen nachzuweisen. Er nimmt auch für die Fette an, dafs die Zersetzungsgröfse derselben unter gewissen Umständen von der Menge des cirkulierenden Materials abhängt. Vor allen Dingen werden die Erscheinungen bei der Nahrungsaufnahme dieser Stoffe dadurch verwickelt, dafs sie in Depots abgeführt werden können und weiterhin dadurch, dafs ihre Zersetzungsgröfse in hohem Mafse von der chemischen Regulierung und der Muskelarbeit abhängt. Da die Zersetzungs-

1) Speciell in einem in der Gesellsch. f. Morph. u. Physiol. gehaltenen Vortrag (9. I. 1894). Nicht in den Berichten referiert.

gröfse der Fette und der Kohlehydrate, die in der Nahrung zu dem verfütterten Eiweifs gereicht werden, rückwärts von Einflufs auf die Zersetzungsgröfse des Eiweifses ist, und da im Hunger die Zersetzungsgröfse der Fette sehr bedeutend ist, wird man die bestimmteste Abhängigkeit der Zersetzungsgröfse des Eiweifses von der Menge des verfütterten, in der Art wie sie in dem Guldberg-Waageschen Massenwirkungsgesetz formuliert ist, bei abundanten Fütterungen mit Eiweifs zu erwarten haben, ein Fall, der bei unseren Versuchen verwirklicht war. Eine eingehendere Diskussion der in solchen Fällen erhaltenen Zersetzungskurven, insbesondere die Untersuchung, ob der Abfall der Kurve in Form einer Exponentialfunktion erfolgt, wird jedoch erst möglich werden, wenn man aus der Ausscheidungskurve des Stickstoffs die wirkliche Zersetzungskurve ermitteln kann (s. oben S. 282). Bis zu einem gewissen Grad scheinen diese verwickelten Verhältnisse einer experimentellen Prüfung zugänglich zu sein.

Unser Vergleich hat jedenfalls den Vorzug einer grofsen Anschaulichkeit.

Bei den soeben gepflogenen Erörterungen liefsen wir absichtlich jede theoretische Spekulation über die Ursache der Eiweifszersetzungen, über die Frage, was unter dem cirkulierenden Eiweifs zu begreifen ist, wo es zu finden ist, aus dem Spiel. Uns dienten diese Erörterungen nur zur Aufklärung der Beziehungen zwischen der Kurve der Resorptionsgeschwindigkeiten und der Zersetzungsgeschwindigkeiten. Diese Erörterungen werden immer ihren Wert behalten, wie sich auch die Zersetzungsvorgänge in dem Organismus später einmal ergeben werden. Bis zu einem gewissen Grad mufs das Guldberg-Waagesche Massengesetz eine Rolle dabei spielen, und wenn auch unsere mathematische Differentialgleichung nur einer ganz vag umrissenen Skizze der Vorgänge gleicht, so besitzt sie als solche einen Wert.

Was zum Schlufs den verschiedenen Ablauf der Abscheidungskurven der Zersetzungsprodukte in den verschiedenen Versuchen anbetrifft, die wir S. 267 und 269 erwähnt haben, und die darauf hinaus laufen, dafs die späteren Versuche einen gestreckteren Verlauf aller Kurven als die früheren zeigen, so kann nach dem

oben Gesagten der Grund dafür in einem verschiedenen Ablauf der Prozesse in den drei Systemen gesucht werden. Es könnten die Prozesse in dem Resorptionssystem, in dem Zersetzungssystem und in dem Abscheidungssystem durch die vorausgegangenen Versuche beeinflufst worden sein. Die nächstliegende Annahme wird wohl sein, an eine Gewöhnung oder Ermüdung des ersten Systems zu denken. Eine Schwierigkeit findet diese Auffassung darin, dafs die vorausgegangenen Versuche eine so lange Nachwirkung gezeigt hätten. Doch haben wir schon öfter bei Versuchen, die in dem hiesigen Institut angestellt worden sind, lang andauernde Schädigungen des Magendarmtraktus nach excessiven Fütterungen[1]) beobachtet. Eine Wiederholung der Versuche wäre auch nach dieser Richtung angezeigt. Für den Vergleich von Versuchsresultaten, die von verschiedenen Beobachtern angestellt worden sind, würde eine neue Untersuchung dieser Beziehungen von Wert sein, da sich etwaige Differenzen aus solchen Ermüdungserscheinungen erklären liessen.

---

1) Von C. Voit (Zeitschr. f. Biol. Bd. 9 S. 15) wurde eine stete Abnahme der Resorptionsgröfse nach langdauernden Fütterungen mit Fett festgestellt.

Über die elektrische Leitfähigkeit der tierischen Gewebe.

Von

G. Galeotti.

(Aus dem Laboratorium für allgemeine Pathologie der Universität Cagliari.)

Die Erkenntnis des physikalisch-chemischen Zustandes der lebenden Substanz ist eine Frage, welche eine aufserordentlich wichtige Stelle in der Forschung der Biologie einnimmt, weil wir hoffen, dafs die Lösung dieses Problems einen Lichtstrahl auf die geheimnisvollen Mechanismen des Lebens werfen wird. Im Hinblick darauf ist es besonders wichtig, die Veränderungen zu bestimmen, welche bei dem Absterben des Protoplasmas zu stande kommen. Bis jetzt aber sind die bei solchen Untersuchungen angewendeten Methoden nicht sehr erfolgreich gewesen, weil bei der Anwendung derselben die Struktur des Protoplasmas zerstört wird, und man daher keinen Schlufs mehr auf die Eigenschaften der lebenden Substanz ziehen kann. Eine physikalisch-chemische Methode jedoch, welche diesen Nachteil nicht besitzt, während sie anderseits für die Untersuchung über die Konstitution des Protoplasmas im Licht der neuesten Theorien den Lösungen sehr nützlich sein kann, ist die Methode der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, mit der sich meine vorliegenden Versuche beschäftigen.

Hinsichtlich dieser Frage (abgesehen von den Arbeiten, welche das Leitvermögen der organischen Flüssigkeiten behandeln, und

welche mit meinen Untersuchungen sehr wenig zu thun haben) habe ich in der neuesten Litteratur nur eine Arbeit von Alt und Schmidt gefunden, welche aber keine besondere Beachtung verdient, weil sie nach einer sehr inexakten und von den heute angewandten elektrochemischen Prinzipien ganz abweichenden Methode ausgeführt wurde.

Auch die Arbeiten, welche die elektrische Leitfähigkeit des menschlichen Körpers in toto betreffen, sind für den gegenwärtigen Gegenstand nicht von Wichtigkeit, und der Leser, welchen die Litteratur über dieses Argument interessiert, möge die Abhandlungen von Jolly, Trey, Windscheid, Oker-Bloom und Frankenhäuser lesen.

Dagegen sind die älteren Arbeiten, welche aus den klassischen Untersuchungen von Du Bois-Reymond hervorgingen, viel wichtiger, und die Litteratur darüber ist in den Abhandlungen dieses berühmten Physiologen und in dem Hermannschen Handbuch enthalten.

Hier sind die Versuche von Heidmann, Person, Weber, Matteucci, Eckhardt zu erwähnen, weil sich diese Verfasser mit der Bestimmung des elektrischen Widerstandes der Nerven und der Muskeln und mit der Vergleichung der gefundenen Werte mit dem Widerstand anderer Organe beschäftigten. Ranke, welcher die Wheatstonesche Brücke anwandte, fand, dafs der Widerstand der Kaninchenmuskeln 7 Millionen Mal gröfser als der des Quecksilbers sei, und dafs er mit der Totenstarre abnehme. Ranke erklärt diese Thatsache, indem er das Auftreten von Spaltungsprodukten (besonders von Säuren) in dem toten Gewebe annimmt. Du Bois-Reymond fand, dafs sich der elektrische Widerstand der Muskeln nach Tetanus oder nach Erwärmen derselben in siedendem Wasser vermindert. Munk beobachtete eine Zunahme des Widerstands der Nerven nach ihrem Absterben. Zu diesem Schlufs kam er, indem er mittels der Wheatstoneschen Brücke die Widerstände zweier gleich langer Nervenstücke, von welchen das eine ganz frisch, das andere schon abgestorben war, miteinander verglich.

Hermann bestimmte den Widerstand der Muskeln in der Quer- und Längsrichtung und fand einen sehr bedeutenden Unterschied. Der Widerstand in der Querrichtung war 4,4—9,2 Mal gröfser als in der Längsrichtung. Auf das Quecksilber bezogen, ergab der Längswiderstand ungefähr $2\frac{1}{2}$ Millionen, der Querwiderstand aber mehr als 15 Millionen. Die Ursache des gröfseren Widerstandes in der Querrichtung der Fasern liegt, nach Hermann, in einer Polarisation, welche zu stande kommt, wo heterogene Bestandteile des Muskelgewebes einander anliegen. Das Vorhandensein einer solchen Polarisation an den Berührungsoberflächen von ungleichartigen Elektrolyten erwähnen auch Peltier und Du Bois-Reymond, welche dieselbe in Bezug auf die elektrischen Erscheinungen bei Tier- und Pflanzengeweben studierten.

Untersuchungsmethode.

Die Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeit werden immer nach der Kohlrauschschen Methode, wie man sie gewöhnlich für die Elektrolytenlösungen anwendet, ausgeführt. Die angewandten Instrumente waren: eine Wheatstonesche Brücke mit Platin-Iridiumfaden, ein kontrollierter Stöpselrheostat mit bifilar gewundenen Rollen (nach Ostwald), ein sehr empfindliches Telephon von Siemens. Der primäre Strom wurde von einem Cupro-Element von der EMK 0,8 Volt geliefert. Zwischen dem Element und dem Induktorium war ein Rheostat eingeschaltet, um die Intensität der Schwingungen zu regulieren.

Ich habe verschiedene Apparate für die Befestigung der Elektroden zwischen die die Gewebe eingeführt werden müfsen, hergestellt, welche am besten die Bedingungen einer gröfseren Solidität, und einer gewissen Leichtigkeit für die sichere Bestimmung der Kapacität erfüllten.

Einer von diesen Apparaten bestand aus zwei festen, rechteckigen Platin-Iridiumplättchen, von 5×10 mm Dimension, welche an zwei miteinander verbundenen Glasröhrchen befestigt waren. Die Röhrchen waren mit Quecksilber gefüllt, um den Kontakt zu sichern.

Diese Plättchen wurden in die zu untersuchenden Organe eingeführt, nachdem man zuvor zwei kleine parallele Schnitte in dieselben gemacht hatte. Mit diesem einfachen Apparat habe ich gute Resultate gehabt. Die Kapazität der Elektroden wurde dadurch ermittelt, dafs man dieselben in ein ungefähr 2 ccm von $\frac{n}{10}$-K Cl-Lösung enthaltendes Gefäfs einführte und den Widerstand des Systems bestimmte.

Der zweite Apparat ist durch beistehende schematische Zeichnung dargestellt.

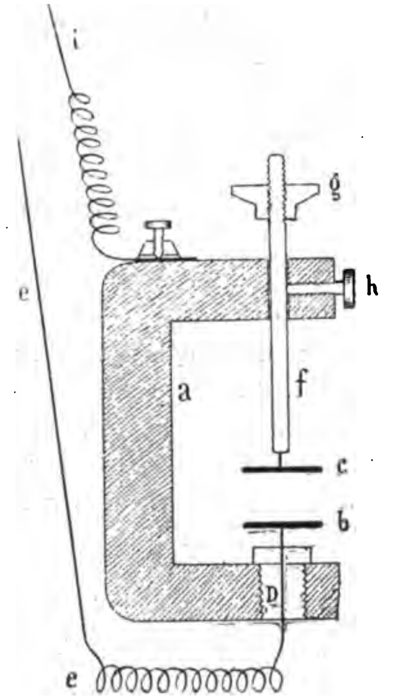


Fig. 1.

a = Stativ aus Messing.

b u. *c* = Platin-Iridiumelektroden.

d = Hartgummischraube, vermittelst welcher die Elektrode *b* befestigt und von dem Stativ isoliert wird.

f = Verschiebbarer Stab aus Messing.

g = Schraube, durch welche der Abstand zwischen den Elektroden *a* und *b* (und daher die Kapazität des Apparates) nach Belieben verändert werden kann.

h = Schraube, durch welche die Stellung des Stabes *f* festgestellt wird.

e u. *i* = Leitungsfäden.

Um die Kapazität dieses Apparats festzustellen, mufs man die Schraube *g* verschieben, bis dieselbe in Berührung mit dem Stativ kommt, während zwischen den Elektroden ein passender Abstand (ungefähr 3—4 mm) bleibt. Die Kapazität wird dann folgendermafsen bestimmt. Man entfernt den Stab und die Elektrode *c* und führt die Elektrode *b* in einen Glasring, der ungefähr von gleichem Durchmesser wie die Elektrode ist. Darauf verschiebt man den Stab *f*, bis auch die andere Elektrode *c* in den Ring hineingeht und die Schraube *g* in Berührung mit dem

Stativ kommt. Der Stab wird dann vermittelst der anderen Schraube *h* befestigt.

Sodann läfst man einige Tropfen von $\frac{n}{10}$-KCl-Lösung, mittels einer Pipette zwischen die Elektroden und den Glasring fliefsen, bis der Raum zwischen den Elektroden ganz gefüllt ist. Die Flüssigkeit, welche die Elektroden und den Ring benetzt, kommt nicht heraus. Nachdem der Widerstand des Apparats bestimmt worden ist, löst man die Schraube *h* los, hebt den Stab *f*, nimmt den Glasring weg, wäscht die Elektroden ab und trocknet sie aus. Der Apparat ist dann für die Bestimmung der specifischen Leitfähigkeit irgend eines Gewebes fertig. Man braucht nur eine abgeschnittene Scheibe des zu untersuchenden Organes auf die Elektrode *b* zu legen, den Stab *f* herabzulassen, bis die Schraube *g* mit dem Stativ in Berührung kommt, die Schraube *h* fest zu machen, und alles ist fertig für die Messung des Widerstandes des Gewebestückes.

Wiederholte Bestimmungen mit $\frac{n}{10}$-KCl-Lösung haben mir gezeigt, dafs die Kapazität des Apparats sich nicht durch die Bewegung des Stabes *f* verändert, wenn man nur darauf achtete, die Schraube *g* jedesmal vor der Messung mit dem Stativ in Berührung zu bringen.

Man kann den ganzen Apparat in ein gut schliefsendes Glasgefäfs einführen und nur die isolierten Leitungsfäden herauskommen lassen, und so kann das Gefäfs sowohl in einen Thermostaten als auch in eine Kältemischung gestellt werden, um die Leitfähigkeitsbestimmungen bei der gewünschten Temperatur ausführen zu können.

Die Elektroden wurden sehr oft mit der gewöhnlichen Lösung (Platinchlorid 3 % mit einer kleinen Menge von Bleiacetatlösung $^1/_{20}$ %) unter einem Potential von ungefähr 4 Volt platiniert.

Nach der Platinierung tauchte ich die Elektroden in eine H_2SO_4-Lösung und liefs dann den Strom von neuem bald in der einen, bald in der anderen Richtung fliefsen. Darauf wurden

die Elektroden sorgfältig mit siedendem Wasser abgewaschen und getrocknet.

Nach jeder Bestimmung wurden die Elektroden mit konzentrierter H_2SO_4 und KO_4Mn gereinigt wieder abgewaschen und ausgetrocknet.

Jedesmal führte ich drei Messungen mit drei verschiedenen Widerständen in den Stöpselrheostaten aus, und nahm darauf den Mittelwert dieser Bestimmungen.

In Bezug auf das Minimum des Telephons mufs ich bemerken, dafs es in vielen Fällen unsicher und nicht scharf ist, was sehr verständlich ist, wenn man an die Gröfse des Widerstandes der tierischen Gewebe (manchmal 600—1000 Ω für eine Kapazität von 1,5) denkt. Überdies müssen die Polarisationserscheinungen einen erheblichen Einflufs auf die Verwaschung des Tonminimums ausüben, weil die Bedingungen für eine solche Fehlerquelle in den tierischen Geweben, wo viele nur für einige Jonenarten durchlässige, für andere ganz undurchlässige Diaphragmen vorhanden sind, existieren. In der That nimmt die Wirkung der Polarisation und die Unschärfe des Minimums mit der Dauer des Induktionsstromes zu.

Diese nachteiligen Einflüsse der Polarisation können in erheblicher Weise reduziert werden, wenn man die Bestimmung sehr rasch ausführt und die Schwingungen des Induktoriums sehr schnell macht.

In dieser Hinsicht habe ich die folgenden Thatsachen beobachtet:

1. Das Minimum ist viel unschärfer bei den Geweben, welche geringe Leitfähigkeit besitzen (Leber Milz).
2. Es ist dagegen sehr scharf bei den Nieren, welche das gröfste Leitvermögen von den von mir untersuchten Organen zeigen.
3. Die Unschärfe des Minimums ist auch bei den Muskeln, und besonders bei den abgeschnittenen Muskeln beträchtlich; dabei spielen vielleicht auch die sog. Demarkationsströme eine wichtige Rolle.

4. Mit dem Tode des Gewebes wird das Minimum immer deutlicher, obschon der Widerstand zunimmt.
5. Es wird sehr deutlich, sobald die dem Absterben des Gewebes folgenden Veränderungen eintreten, oder wenn man die Proteïde der Zellen durch eine passende Erwärmung gerinnen läfst.

In allen Fällen kann man die Gröfse der durch die Unschärfe des Tonminimums bedingten Fehler ersehen, wenn man drei Messungen ausführt.

Einige Bestimmungen wurden bei der Zimmertemperatur (wenn dieselbe, wie im Winter, ziemlich konstant auf 12° blieb) gemacht. Für viele andere Untersuchungen habe ich geeignete Thermostate angewandt, in welchen die Temperatur keine erhebliche Schwankungen zeigte. Im allgemeinen wurden die Bestimmungen bei Temperaturen von 12°, 18°, 24°, 38° ausgeführt.

Die Versuchstiere waren Hunde (einige davon neugeboren), Kaninchen, Meerschweinchen, Frösche, Schildkröten. Alle wurden durch Entblutung getötet, um ganz anämische Organe zu bekommen.

Weitere technische Details werden dann später noch an geeigneter Stelle angegeben.

Bei den vorliegenden Untersuchungen ist das elektrische Leitvermögen stets mit $\varkappa$ in $\frac{1}{\text{cm Ohm}}$ bezeichnet (s. Kohlrausch S. 3). In jedem Falle, ausgenommen die mit dem Blute angestellten Untersuchungen, sind die von mir angegebenen Zahlen der Leitfähigkeit mit 10^5 multipliziert worden.

§ I. Specifische Leitfähigkeit der tierischen Gewebe.

Ein tierisches Gewebe ist kein homogenes System; wenn man daher von seiner *specifischen* Leitfähigkeit sprechen will, mufs man diesem Ausdruck eine besondere Bedeutung geben, welche von derjenigen, die für Lösungen üblich ist, abweicht. In dem gegenwärtigen Falle handelt es sich um die Bestimmung der Leitfähigkeit inhomogener Systeme, welche aus

Pseudolösungen (colloidalen Lösungen), Elektrolyten und aus in verschiedener Weise durchlässigen Diaphragmen entstehen.

Es ist also ersichtlich, dafs das Leitvermögen eines Gewebes aus verschiedenen nicht einzeln bestimmbaren Faktoren resultiert. Daraus folgt, dafs die Gröfse, welche wir specifische elektrische Leitfähigkeit eines Organs nennen wollen, keinen festen Wert haben kann und vielmehr in ziemlich weiten Grenzen variiert. Solche Schwankungen hängen von dem Zustande des Protoplasmas, von der in dem Gewebe enthaltenen Elektrolytenmenge, von den Verbindungen, welche zwischen den Elektrolyten und den colloidalen Bestandteilen existieren, sowie von der Zahl, Dicke, Stellung, Permeabilität der oben erwähnten Diaphragmen ab.

Man wird weiter unten sehen, von welcher Gröfse diese Schwankungen sind, und danach beurteilen können, welche Bedeutung den Bestimmungen der specifischen Leitfähigkeit der tierischen Gewebe beizulegen ist.

Jedenfalls ist die Annahme einer solchen specifischen Leitfähigkeit sehr zweckmäfsig für die Vergleiche, welche man zwischen den verschiedenen Geweben in verschiedenen Zuständen ziehen kann, und eben dieser Vergleiche wegen habe ich die specifische Leitfähigkeit berechnet, obschon es für viele Untersuchungen, um festzustellen, wie das Leitvermögen desselben Gewebestückes variierte, ganz ausreichend gewesen wäre, die Zahl der reciproken Ohm in Betracht zu ziehen.

Da die Leitfähigkeit eines Gewebes nach der Stellung der in ihm enthaltenen Membranen variiert, versteht man leicht, dafs es von erheblichem Einflufs auf das Leitvermögen ist, welche Lage das betreffende Gewebestück zwischen den Elektroden einnimmt. Ich habe daher bei jedem Versuche entsprechende Stücke in gleicher Weise von den Organen abgeschnitten und sie auf bestimmte Art zwischen die Elektrode eingeführt.

Die Zahlen, welche unten stehen, beziehen sich auf Organe von normalen Tieren; die Messungen wurden rasch nach dem Tode des Tieres ausgeführt.

In den folgenden Tabellen sind die Zahlen derart zusammengestellt, dafs die wenig voneinander abweichenden Werte zusammen gruppiert sind. Die Mittelwerte solcher Zahlengruppen werden die Grenze darstellen, innerhalb derer die Leitfähigkeit lebender Organe variiert.

Tabelle I. Niere.

Tier	Temperatur	$\varkappa$	Mittelwerte
Erwachsener Hund	12°	392,6	
» »	»	398,4	397,6
» »	»	392,0	
Neugeborener Hund	»	226,1	
» »	»	265,1	244,6
» »	»	242,7	
» »	18°	401,0	
» »	»	421,0	
Erwachsener Hund	»	407,7	414,4
» »	»	413,0	
» »	»	416,0	
Neugeborener Hund	24°	263,2	263,2
Kaninchen	12°	157,9	146,1
»	»	134,3	
»	18°	197,9	
»	»	238,0	220,8
»	»	205,2	
»	»	242,3	
»	»	142,6	142,6
Meerschweinchen	24°	252,2	252,2
»	38°	250,1	236,0
»	»	222,0	
Schildkröte	18°	148,6	132,2
»	»	115,8	
»	»	98,5	
»	»	94,0	95,9
»	»	95,2	

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dafs die specifische Leitfähigkeit der Niere von Säugetieren, auch bei gleicher Temperatur, grofsen Schwankungen unterworfen ist.

In der That haben wir für die Hundenieren, bei 12° einen Mittelwert von 397,6 und einen von 244,6, bei 18° einen Mittelwert von 414,4. Bei den Nieren der Kaninchen sowohl wie der

Meerschweinchen sind die Schwankungen des Leitvermögens in den verschiedenen Fällen nicht so erheblich. Wahrscheinlich werden diese erheblichen Variationen durch die verschiedenen funktionellen Zustände dieser Organe bedingt, und es ist leicht zu verstehen, dafs das elektrische Leitvermögen einer Niere je nach der Menge und der Konzentration des in den Harnkanälchen enthaltenen Harns variieren kann.

Bei den Schildkröten sind die Schwankungen viel kleiner und man mufs hierbei die Thatsache in Betracht ziehen, dafs diese Schildkröten während vieler Tage in meinem Laboratorium ohne Nahrung und unter gleichen Bedingungen gewesen waren. Ihre Nieren befanden sich daher, als die Untersuchungen gemacht wurden, wahrscheinlich im gleichen funktionellen Zustande.

Tabelle II. Leber.

Tier	Temperatur	$\varkappa$	Mittelwerte
Hund	12°	66,7	
»	»	71,3	
»	»	66,9	68,28
»	»	73,0	
»	»	68,7	
»	»	62,9	
Neugeborener Hund	»	38,8	39,49
» »	»	40,1	
Erwachsener Hund	18°	97,2	98,80
» »	»	100,4	
Neugeborener Hund	24°	31,1	31,12
Kaninchen	18°	26,4	
»	»	26,5	26,80
»	»	26,9	
»	»	27,3	
»	»	87,6	90,04
»	»	92,5	
»	»	53,0	53,00
»	24°	26,9	26,90
Meerschweinchen	18°	74,4	74,40
»	24°	25,9	25,90
»	38°	27,0	27,00
Schildkröte	18°	34,6	33,60
» . . .	»	32,6	
»	»	67,5	64,26
»	»	60,9	

Bei der Leber habe ich ungefähr dieselbe Beobachtung wie bei der Niere gemacht. Nur sind in diesem Falle die Variationen der Leitfähigkeit noch erheblicher; sie hängen wahrscheinlich auch hier von den verschiedenen funktionellen Bedingungen des Organs ab. Es ist bemerkenswert, dafs bei den Bestimmungen der Leitfähigkeit von Lebern neugeborener Hunde Werte gefunden wurden, welche beträchtlich von denen der Leitfähigkeit bei Lebern erwachsener Tiere abweichen. Zu beachten ist ferner, dafs sich bei jeder Tierart zwei Zahlengruppen ergaben: bei der einen Gruppe schwanken die Zahlen zwischen 90 und 60, bei der anderen zwischen 25 und 40. Dies bedeutet, dafs in dieser Hinsicht zwei funktionelle Zustände für die Leber existieren; bei dem einen ist die Leitfähigkeit viel gröfser als bei dem anderen: vielleicht wegen des Vorhandenseins einer gröfseren Elektrolytenmenge in den Kanälchen der Drüse.

Tabelle III. Milz.

Tier	Temperatur	$\varkappa$	Mittelwerte
Erwachsener Hund	12°	81,7	83,56
» »	»	85,8	
» »	»	81,7	
» »	»	84,9	
» »	18°	96,0	96,00
» »	24°	95,7	98,82
» »	»	95,0	
» »	»	102,4	
» »	»	103,1	
» »	38°	113,0	113,00
Schildkröte	18°	51,5	52,99
»	»	54,4	

Bei der Hundemilz hat die Leitfähigkeit nicht sehr verschiedene Werte ergeben. Die Mittelwerte dieser Zahlen nehmen regelmäfsig mit der Temperatur zu.

Auch bei den Lungen habe ich ziemlich gut übereinstimmende Werte erhalten. Doch mufs bemerkt werden, dafs diese Übereinstimmung der verschiedenen Messungen nur stattfindet, wenn das Gewebe zwischen den Elektroden gut zusammengedrückt wird, damit die ganze, in den Alveolen enthaltene Luft entfernt wird. Wenn etwas Luft in den Alveolen bleibt, so wird die Leitfähigkeit des Lungengewebes erheblich vermindert.

Tabelle IV. Lunge.

Tier	Temperatur	$\varkappa$	Mittelwerte
Erwachsener Hund	12°	54,4	57,52
» »	»	54,5	
» »	»	66,6	
» »	»	54,4	
» »	18°	59,5	61,02
» »	»	62,4	
» »	24°	58,2	58,20
Kaninchen	12°	43,6	45,90
»	»	48,1	
»	18°	54,2	53,69
»	»	53,1	

Auch die bei den verschiedenen Bestimmungen der Leitfähigkeit des Herzens erhaltenen Werte stimmen ziemlich gut überein.

Tabelle V. Herz.

Tier	Temperatur	$\varkappa$	Mittelwerte
Erwachsener Hund	18°	89,3	85,46
» »	»	87,7	
» »	»	79,2	
» »	24°	74,3	74,30
Kaninchen	18°	79,9	79,85
»	»	78,8	
Schildkröte	»	66,0	67,12
»	»	66,8	
»	»	73,8	
»	»	61,7	

Tabelle VI. Zunge.

Tier	Temperatur	$\varkappa$	Mittelwerte
Erwachsener Hund	18°	204,8	
» »	»	215,0	206,0
» »	»	198,3	
» »	24°	212,0	212,0
» »	38°	204,0	204,0
Neugeborener Hund	24°	120,0	120,0

Bei der Zunge der erwachsenen Hunde variieren die Werte des Leitvermögens mit der Temperatur sehr wenig. Die Zunge eines neugeborenen Hundes hat bei einer Messung eine geringere Leitfähigkeit gezeigt.

(Siehe Tabelle auf S. 302.)

Bei diesen Untersuchungen ist es bemerkenswert, dafs ein grofser Unterschied zwischen der Leitfähigkeit der quergeschnittenen Muskeln wie derjenigen der längsgeschnittenen besteht. Dies ist ganz erklärlich, wenn man bedenkt, dafs die Sarkolemmen die Jonenbewegungen in hohem Mafse beeinträchtigen, und dafs das in noch viel höherem Grade geschieht, wenn die Sarkolemmen parallel den Oberflächen der Elektroden eingestellt sind. Aufser den Sarkolemmen üben auch die Bedeckungsmembranen der Fasernbündel und das Perimysium einen beträchtlichen Einflufs auf die Leitfähigkeit aus. Von der Menge und Dicke dieser Membranen hängt die Inkonstanz der bei den verschiedenen Messungen erhaltenen Werte ab. Bei den quergeschnittenen Muskeln jedoch zeigt sich eine bessere Übereinstimmung der Werte.

§ II. Änderung der Leitfähigkeit bei dem spontanen Tode der Gewebe.

Alle von mir in Betracht gezogenen Organe haben bedeutende Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit nach ihrer Exstirpation gezeigt. Aus den folgenden Zahlen läfst sich die Gröfse dieser Variationen und die Geschwindigkeit, mit welcher sie bei den verschiedenen Temperaturen vor sich gehen, sehen.

Tabelle VII.

Quergeschnittene Muskeln.

Tier	Temperatur	κ	Mittelwerte
Hund	12°	245,1	245,1
Kaninchen	»	182,3	182,2
»	»	183,5	
»	»	179,3	
»	»	185,0	
Schildkröte	18°	141,4	135,1
»	»	146,7	
»	»	140,2	
»	»	112,3	

Längsgeschnittene Muskeln.

Tier	Temperatur	κ	Mittelwerte
Erwachsener Hund	12°	92,5	93,24
» »	»	92,4	
» »	»	94,7	
» »	18°	98,5	101,76
» »	»	105,0	
Kaninchen	12°	53,3	58,22
»	»	63,1	
»	18°	81,2	80,40
»	»	79,3	
Meerschweinchen	24°	78,2	78,20
Schildkröte	18°	75,7	73,96
»	»	72,1	
Frosch	»	22,1	24,37
»	»	24,0	
»	»	21,4	
»	»	29,7	
»	»	35,4	37,88
»	»	39,1	
»	»	39,0	

Bei den Geweben der Säugetiere nimmt die Leitfähigkeit sehr rasch nach der Exstirpation ab. In der That habe ich in den ersten Minuten folgende Werte beobachtet.

(Siehe Tabelle VIII auf S. 303.)

Man kann annehmen, dafs die Ursache einer solchen Verminderung des elektrischen Leitvermögens die chemischen Ver-

Tabelle VIII.

Hundeniere Temp. 38°		Hundeleber Temp. 38°		Hundemuskeln (längsgeschn.) Temp. 38°	
Minuten nach d. Exstirpation	κ	Minuten nach d. Exstirpation	κ	Minuten nach d. Exstirpation	κ
3	367,9	3	93,4	4	96,0
7	302,1	7	73,3	9	84,8
15	296,8	15	65,3	15	83,4
				22	81,7

änderungen sind, welche infolge des plötzlichen Sauerstoffmangels in dem Protoplasma entstehen. Bei den Lungen, in deren Alveolen immer eine kleine Luftmenge bleibt, ist die Verminderung der Leitfähigkeit in den ersten Perioden des Versuches viel geringer.

Tabelle IX.

Hundelunge. Temp. 24°.	
Minuten nach der Exstirpation	κ
5	58,2
20	58,2
55	57,3
115	57,9
160	57,3

In den folgenden Tabellen sind die Variationen der Leitfähigkeit bei verschiedenen Geweben, während der späteren Perioden des Versuches zusammengestellt. Man ersieht aus denselben, daſs die Leitfähigkeit in jedem Falle, mehr oder weniger rasch, nach der Exstirpation der Organe abnimmt, bis sie ein Minimum erreicht, nach welchem sie wieder steigt, zuerst mit mäſsiger, später mit gröſserer Geschwindigkeit, bis sie endlich einen sehr hohen Grad erreicht. Die Veränderungen der Leitfähigkeit variieren je nach der Temperatur, bei welcher der Versuch ausgeführt wird.

Tabelle X.

Niere eines neugeborenen Hundes.

Temp. 12°		Temp. 24°	
Zeit	κ	Zeit	κ
0	226,0	0	263,2
— Std. 45 Min.	166,9	— Std. 35 Min.	225,8
1 » 10 »	153,0	3 » — »	200,1
1 » 45 »	147,7	6 » 30 »	184,0
3 » 40 »	138,0	11 » 30 »	174,0
4 » — »	135,1	17 » 45 »	167,5
4 » 30 »	132,3	22 » 15 »	173,2
5 » — »	132,8	26 » 45 »	190,3
24 » — »	145,6	41 » — »	316,4

Bei den ersten von diesen Untersuchungen kann man das Minimum der Leitfähigkeit nicht bestimmen; es ist aber ersichtlich, dafs es vor 24 Stunden eintrat. Bei der zweiten Untersuchung trat das Minimum nach 17 Stunden 45 Minuten ein und die Leitfähigkeit wurde um $^2/_3$ vermindert, dann nahm sie sehr rasch zu.

Tabelle XI.

Meerschweinchenniere.

Temp. 24°		Temp. 38°	
Zeit	κ	Zeit	κ
0	252,2	0	222,6
1 Std. 5 Min.	246,3	— Std. 20 Min.	169,7
4 » 10 »	184,9	— » 45 »	134,5
18 » 50 »	166,3	1 » 10 »	121,2
27 » 50 »	352,3	3 » 25 »	69,0
39 » 50 »	502,4	5 » 40 »	65,2
		9 » — »	64,9
		11 » — »	71,5
		22 » — »	556,4

Bei den ersten dieser beiden Versuche erreichte die Leitfähigkeit bei 24° ihr Minimum nach 18 Stunden und stieg dann

mit mäfsiger Geschwindigkeit, während sie beim zweiten Versuche, bei 38°, schon nach 9 Stunden aufs Minimum herabsank, um dann sehr rasch zuzunehmen.

Tabelle XII.

Kaninchenniere. Temp. 24°.

Zeit	κ
0	256,1
20 Minuten	232,4
1 Stunde	220,3
2 Stunden	197,7
5 »	168,9
9 »	159,6
19 »	144,0
22 »	146,9
25 »	151,3
30 »	178,2
41 »	482,6

Aus der Tabelle ersieht man, dafs die Leitfähigkeit dieser Niere in den ersten Perioden des Versuches sehr rasch stieg und dann langsam abnahm, bis sie nach 19 Stunden ein Minimum erreichte, bei welchem sie ungefähr die Hälfte ihres Anfangswertes betrug. Nachher stieg dieselbe, wie gewöhnlich, sehr rasch.

Tabelle XIII.

Leber eines neugeborenen Hundes. Temp. 12°.

Zeit	κ
0	69,2
— Std. 15 Min.	48,5
— » 30 »	47,0
— » 55 »	45,1
3 » 10 »	38,6
3 » 30 »	35,9
4 » 10 »	35,8
5 Stunden	34,2
7 »	33,1
9 »	32,7
12 »	33,8
24 »	58,7
36 »	126,5

Das Minimum wurde nach 9 Stunden erreicht, die Leitfähigkeit war jetzt um die Hälfte vermindert. Nach 36 Stunden erreichte sie einen doppelten Wert.

Tabelle XIV.

Meerschweinchenleber.

Temp. 24°		Temp. 38°	
Zeit	$\varkappa$	Zeit	$\varkappa$
0	25,9	0	27,0
10 Minuten	24,8	20 Minuten	10,6
1 Stunde	19,4	45 »	8,3
2 Std. 15 Min.	17,9	1 Std. 10 Min.	7,8
3 » 50 »	17,1	3 » 25 »	6,9
7 Stunden	16,2	5 » 40 »	8,3
18 »	19,5	9 Stunden	9,3
23 »	35,7	11 »	11,0
27 »	86,0	22 »	251,8

Bei dem ersten Versuche (Temp. 24°) wurde das Minimum ungefähr nach 7 Stunden erreicht, bei dem zweiten (Temp. 38°) nach 3 Stunden 25 Minuten. Dann stieg die Leitfähigkeit bis zu einem hohen Wert.

Tabelle XV.

Kaninchenleber. Temp. 24°.

Zeit	$\varkappa$
0	26,9
20 Minuten	20,3
45 »	18,6
2 Std. — Min.	17,7
3 » 30 »	17,3
5 » 30 »	17,0
7 Stunden	16,9
8 »	20,5
23 »	29,5
28 »	46,3

Bei diesem Versuche ist bemerkenswert, wie schnell die Leitfähigkeit im Anfange abnimmt. Nach einem Minimum steigt sie wieder mit erheblicher Geschwindigkeit.

Tabelle XVI.

Hundemilz.

Temp. 12°		Temp. 24°		Temp. 38°	
Zeit	κ	Zeit	κ	Zeit	κ
0	84,9	0	95,0	0	113,0
20 Minuten	89,1	30 Minuten	80,0	15 Minuten	107,9
40 »	87,7	2 Stunden	67,0	35 »	87,7
2 Stunden	80,8	3 »	63,1	2 Std. 5 Min.	98,5
5 »	78,5	6 »	64,1	6 Stunden	169,0
7 »	75,2	9 »	69,7	16 »	726,9
12 »	88,7	21 »	80,6		
17 »	99,3	29 »	97,1		
23 »	103,6				
40 »	164,4				
50 »	210,3				
63 »	287,0				

Aus diesen drei Versuchen geht klar hervor, dafs die Veränderungen der Leitfähigkeit mit verschiedener Geschwindigkeit, je nach der Temperatur, bei welcher die Versuche ausgeführt wurden, vor sich gingen. Das Minimum wurde

bei 12° nach 7 Stunden,
» 24° » 3 »
» 38° » 35 Minuten

erreicht.

Tabelle XVII.

Hundelunge.

Temp. 12°		Temp. 24°	
Zeit	κ	Zeit	κ
0	54,4	5 Minuten	58,2
20 Minuten	56,5	20 »	58,2
40 »	56,5	55 »	57,3
1 Std. 10 Min.	56,3	1 Std. 55 Min.	57,9
1 » 24 »	56,7	2 » 40 »	57,3
4 Stunden	55,7	4 Stunden	56,2
6 »	52,6	6 »	54,0
8 »	47,7	8 »	53,5
9 »	45,8	16 »	73,8
18 »	44,1	23 »	392,3
23 »	80,5		
28 »	107,2		

Bei dem ersten Versuche (Temp. 12°) wurde das Minimum nach 18 Stunden, bei dem zweiten (Temp. 24°) nach 8 Stunden erreicht. Das Leitvermögen stieg dann bei dem ersten Falle mit mäfsiger Geschwindigkeit und bei dem zweiten sehr schnell.

Tabelle XVIII.

Hundeherz.

Temp. 12°		Temp. 24°		Temp. 38°	
Zeit	κ	Zeit	κ	Zeit	κ
0	72,4	0	73,2	0	81,0
30 Minuten	63,4	1 Std. 15 Min.	71,1	20 Minuten	72,6
1 Stunde	50,5	3 » 40 »	67,6	50 »	43,4
1 Std. 30 Min.	40,9	10 Stunden	60,2	3 Std. 10 Min.	24,7
4 Stunden	30,5	24 »	63,8	6 » 40 »	22,3
6 »	26,2	28 »	73,2	10 Stunden	76,2
8 »	22,6	43 »	123,3		
9 »	22,9				
12 »	21,9				
15 »	24,3				
23 »	27,5				

Wie bei den oben erwähnten Versuchen, so nahm auch in diesem Falle die Leitfähigkeit um so schneller, je höher die Temperatur war, ab. Das Minimum wurde

bei 12° nach 12 Stunden,
» 24° » 10 »
» 38° » 6 » 40 Minuten

erreicht.

Tabelle XIX.

Hundezunge.

Temp. 12°		Temp. 38°	
Zeit	κ	Zeit	κ
0	212,9	0	204,0
45 Minuten	184,1	15 Minuten	211,8
3 Std. 25 Min.	169,0	30 »	211,8
7 Stunden	161,6	1 Stunde	170,6
12 »	145,3	1 Std. 30 Min.	164,3
22 »	147,2	4 » 15 »	161,7
27 »	152,1	6 Stunden	213,1
32 »	155,5	8 »	220,3
37 »	177,0	23 »	815,8

Bei dem ersten Versuche (Temp. 12°) trat das Minimum nach 12 Stunden ein, worauf die Leitfähigkeit langsam zunahm. Bei dem zweiten Versuche (Temp. 38°) stieg die Leitfähigkeit während der ersten Minuten etwas, verminderte sich dann ziemlich schnell, erreichte nach ungefähr 4 Stunden ihr Minimum und zeigte dann eine schnelle beträchtliche Zunahme.

Tabelle XX.

Quergeschnittene Hundemuskeln. Temp. 24°.

Zeit	$\varkappa$
0	245,1
30 Minuten	234,2
1 Std. 5 Min.	233,6
3 » — »	245,0
6 » 25 »	239,4
23 Stunden	540,3

Das Leitvermögen erreichte sein Minimum nach ungefähr einer Stunde, stieg dann mit mäfsiger Geschwindigkeit, und nach 23 Stunden zeigte es einen doppelten Wert.

Tabelle XXI.

Längsgeschnittene Hundemuskeln. Temp. 24°.

Zeit	$\varkappa$
0	78,2
30 Minuten	77,1
1 Stunde	73,1
2 Std. 30 Min.	72,1
16 Stunden	90,6
22 »	107,5

Das Minimum trat nach 2 Stunden ein, und dann stieg die Leitfähigkeit mit mäfsiger Geschwindigkeit.

Bei den kaltblütigen Tieren (Schildkröte) bleibt die Leitfähigkeit der Gewebe lange Zeit fast konstant und sinkt dann langsam auf ein Minimum herab, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Tabelle XXII.

Schildkröte. Temp. 18°.

Niere		Leber		Herz		Beobachtungen über das Herz
Zeit	κ	Zeit	κ	Zeit	κ	
0	98,6	0	34,0	0	65,0	Rhythmische normale Zusammenziehungen
1 St. 10 M.	90,8	3 Std.	33,6	3	64,2	Rhythmische normale Zusammenziehungen
4 Std.	89,5	16 »	34,8	17	59,1	Seltene, unregelmäſsige Zusammenziehungen
18 »	95,3	19 »	30,3	23	58,9	Das Herz zieht sich nur nach Reizungen zusammen
23 »	90,4	22 »	28,8	27	57,9	Das Herz zieht sich nur nach Reizungen zusammen
26 »	96,2	26 »	26,9	40	47,4	Das Herz zieht sich nicht mehr zusammen.
47 »	63,2					
53 »	80,1					

Aus dem ersten dieser Versuche geht hervor, daſs die Leitfähigkeit der Niere sich während eines langen Zeitraumes (36 Stunden) nur wenig verändert hat. Nach 43 Stunden erreichte sie ihr Minimum und stieg dann wieder. Bei dem zweiten Versuch (Leber) blieb die Leitfähigkeit während 14 Stunden ungefähr konstant; dann nahm sie langsam ab. Der dritte Versuch zeigt gewisse Beziehungen zwischen der Thätigkeit des Herzens und seinem Leitvermögen. So lange die Zusammenziehungen des Herzens rhythmisch und regelmäſsig waren, blieb die Leitfähigkeit ungefähr konstant. Wenn aber die Kontraktilität des Herzens unregelmäſsig und geringer wurde, nahm auch das Leitvermögen ab und erreichte endlich einen minimalen Wert, wenn das Herz ganz unbeweglich geworden war.

Diese Beobachtungen veranlaſsten mich die zwischen der Leitfähigkeit eines Muskels und seiner funktionellen Thätigkeit bestehenden Beziehungen genauer zu verfolgen. Darauf bezügliche Daten werde ich weiter unten anführen.

Faſst man die obenerwähnten Resultate zusammen, so kann man den Schluſs ziehen, daſs die Leitfähigkeit aller von mir

untersuchten Organe nach ihrer Exstirpation abnimmt, um darauf wieder bis zu hohen Werten zu steigen. Mit aller Wahrscheinlichkeit kann man die Verminderung der Leitfähigkeit mit den zuerst durch den Sauerstoffmangel, später durch das Absterben des Zellprotoplasmas selbst entstehenden Veränderungen in Beziehung bringen. Die Geschwindigkeit, mit welcher diese Veränderungen vor sich gehen, hängt in gewissem Grade von der Temperatur ab, etwa in der Art, dafs die Änderungen des Leitvermögens schneller bei höheren Temperaturen erfolgen.

Bei den Geweben der Schildkröten, welche bekanntlich nach ihrer Exstirpation ziemlich lange leben können, variierte die Leitfähigkeit während der ersten Stunden sehr wenig und verminderte sich nur später, wenn die Kontraktilität des Herzens schon verschwunden war. (In Bezug darauf siehe auch § IV.) Man kann also die hauptsächlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen kurz folgendermafsen formulieren: mit dem Tode der Zellen, aus welchen ein tierisches Gewebe besteht, nimmt die elektrische Leitfähigkeit desselben ab.

Die spätere postmortale Steigerung der Leitfähigkeit zeigt, dafs bedeutende Spaltungsprozesse in den abgestorbenen Protoplasmen vor sich gehen, durch welche Jonen verschiedener Art wieder befreit, und viele der in den Geweben vorhandenen undurchlässigen Diaphragmen zerstört werden. Diese Vorgänge schreiten um so schneller fort, je höher die Temperatur ist, und wenn ein Fäulnisprozefs eintritt, erreicht die Leitfähigkeit sehr hohe Werte.

§ III. Veränderungen der Leitfähigkeit tierischer Gewebe bei künstlich verursachtem Tode derselben.

Um die Gewebe abzutöten, ohne bedeutende chemische oder mechanische Veränderungen herbeizuführen, habe ich zwei Mittel angewandt, d. h. eine genügende Erwärmung und die Gefrierung. Zu diesem Zwecke präparierte ich ein Gewebestück nach der obenerwähnten Methode, bestimmte sogleich seine Leitfähigkeit und stellte dann das den Apparat enthaltende Gefäfs in warmes Wasser (bis die Temperatur einen bestimmten Grad erreichte) oder in einer Kältemischung (Kochsalz und Eis).

In beiden Fällen brachte ich nach einer bestimmten Zeit den Apparat wieder zu der Temperatur zurück, bei welcher die erste Bestimmung gemacht worden war.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren die folgenden:

A. Abtötung der Gewebe durch Erwärmung.

1. Niere eines neugeborenen Hundes. Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 421,1
1 Stunde lang bei 64° erwärmt	» = 250,5

2. Kaninchenniere. Temp. 19°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 142,6
1 Stunde lang bei 60° erwärmt	» = 50,6
Noch 1 Stunde lang bei 100° erwärmt	» = 297,5

3. Leber eines neugeborenen Hundes. Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 65,2
1 Stunde lang bei 60° erwärmt	» = 35,5
Nach 2 Stunden 30 Min.	» = 38,1
» 4 »	» = 39,4
» 19 »	» = 43,2
» 43 »	» = 47,4

4. Kaninchenleber. Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 27,3
1 Stunde lang bei 60° erwärmt	» = 12,6
Noch 1 Stunde lang bei 100° erwärmt	» = 167,8

5. Hundemilz. Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 96,1
1 Stunde lang bei 60° erwärmt	» = 57,3
Nach 1 Stunde	» = 66,6
» 16 Stunden	» = 77,7

6. Kaninchenleber. Temp. 20°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 53,1
30 Min. lang bei 60° erwärmt	» = 43,1
10 Min. lang bei 100° erwärmt	» = 229,2

7. Hundezunge. Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa$ = 198,3
30 Min. lang bei 60° erwärmt	» = 144,7

8. Quergeschnittene Kaninchenmuskeln.

Temp. 20°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa = 185{,}0$
30 Min. lang bei 50° erwärmt	» $= 131{,}1$
Noch 1 Stunde lang bei 100° erwärmt . . .	» $= 454{,}5$

9. Quergeschnittene Schildkrötenmuskeln.

Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa = 140{,}2$
30 Min. lang bei 50° erwärmt	» $= 131{,}5$
Noch 30 Min. lang bei 100° erwärmt . . .	» $= 646{,}7$

Aus diesen Versuchen geht klar hervor:

1. Daſs sich die Leitfähigkeit nach einer Erwärmung bei 50—60° erheblich vermindert.
2. Daſs die Leitfähigkeit der durch Erwärmung abgetöteten und dann auf die Zimmertemperatur (18—20°) zurückgebrachten Gewebe nach und nach wieder zu steigen beginnt (Vers. 3 und 5), wie es bei den natürlich abgestorbenen Geweben geschieht.
3. Daſs die Leitfähigkeit der Gewebe sehr groſse Werte erreicht, wenn man dieselben bei einer Temperatur von 100° erwärmt. Diese letzte Thatsache ist ebenfalls von groſsem Interesse, und ich werde noch einmal darauf zurückkommen. (§ V).

B. Abtötung der Gewebe durch Gefrierung.

10. Hundeniere. Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa = 376{,}1$
Nach der Gefrierung	» $= 326{,}3$

11. Hundeniere. Temp. 19°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa = 413{,}1$
Nach der Gefrierung	» $= 380{,}2$

12. Niere eines neugeborenen Hundes.

Temp. 18°.

Gleich nach der Exstirpation	$\varkappa = 416{,}0$
Nach der Gefrierung	» $= 390{,}6$

13. Niere eines neugeborenen Hundes. Temp. 12°.
Gleich nach der Exstirpation . . . . . . $\varkappa$ = 242,7
Nach der Gefrierung . . . . » = 141,3

14. Niere eines neugeborenen Hundes. Temp. 18°.
Gleich nach der Extirpation . . . . . . $\varkappa$ = 401,0
Nach der Gefrierung . . . . » = 397,2

15. Meerschweinchenniere. Temp. 18°.
Gleich nach der Exstirpation . . . . . . $\varkappa$ = 215,3
Nach der Gefrierung . . . . » = 193,6
Nach 1 Stunde . . . . » = 190,3
» 5 Stunden . . . . » = 177,1

16. Leber eines neugeborenen Hundes. Temp. 24°.
Gleich nach der Extirpation . . . . . . $\varkappa$ = 31,1
Nach der Gefrierung . . . . » = 25,6

17. Leber eines neugeborenen Hundes. Temp. 12°.
Gleich nach der Exstirpation . . . . . . $\varkappa$ = 29,9
Nach der Gefrierung . . . . » = 21,6

18. Meerschweinchenleber. Temp. 18°.
Gleich nach der Exstirpation . . . . . . $\varkappa$ = 74,4
Nach der Gefrierung . . . . » = 44,3
» 1 Stunde . . . . » = 35,6
» 17 Stunden. . . . . » = 39,4
» 30 » . . . . » = 44,6

19. Hundelunge. Temp. 12°.
Gleich nach der Exstirpation . . . . . . $\varkappa$ = 54,4
Nach der Gefrierung . . . . » = 38,7

20. Hundezunge. Temp. 24°.
Gleich nach der Exstirpation . . . . . . $\varkappa$ = 212,1
Nach der Gefrierung . . . . » = 200,3
» 19 Stunden . . . . » = 268,0
» 40 » . . . . » = 639,0

Alle diese Versuche ergeben übereinstimmend, daſs die Organe, nachdem sie gefroren und wieder auf die Zimmertemperatur zurück-

gebracht worden waren, eine viel geringere Leitfähigkeit zeigten als unmittelbar nach der Exstirpation.

Wenn man mit den Messungen der Leitfähigkeit nach der Gefrierung und der Erwärmung zur Zimmertemperatur fortfährt, sieht man, dafs die Leitfähigkeit sich noch mehr vermindert (Vers. 15 und 18) und dann wieder zunimmt (Vers. 18 und 20), wie es bei den natürlich abgestorbenen Geweben der Fall ist.

Beim Vergleich einiger der gegenwärtigen Versuche mit denen des § II erkennt man (Tabelle XXIII), dafs die Verminderung der Leitfähigkeit jedesmal fast die gleiche und unabhängig von der Ursache des Todes der untersuchten Gewebe ist.

Tabelle XXIII.

Untersuchtes Gewebe	Ursache des Todes des Gewebes	Leitfähigkeit des lebenden Gewebes	Leitfähigkeit d. abgestorben. Gewebes (Minimum)	Verhältnis der Leitfähigkeit d. abgestorbenen Gewebes zu derjenigen des lebenden Gewebes
Hundeniere	Spontaner Tod	226,0	132,3	0,58
Meerschwein.-Niere	» »	252,2	166.0	0,65
Hundeniere	» »	263,0	167,0	0.63
»	Erwärmung auf 60°	421,0	250,0	0,59
»	Gefrierung	242,0	141.0	0.58
Hundeleber	Spontaner Tod	62,9	32,7	0,52
»	Erwärmung auf 60°	65.2	35,5	0.54
Kaninchenleber	» » »	27,3	12.6	0,46
Meerschw.-Leber	Gefrierung	74.4	35,6	0,47
Hundelunge	Spontaner Tod	54,4	44,4	0,81
Kaninchenlunge	Erwärmung auf 60°	53,1	43,1	0,81
Hundelunge	Gefrierung	54,4	38,7	0,71
Hundezunge	Spontaner Tod	204,0	161,7	0,79
»	Erwärmung auf 60°	198,3	144,7	0,72

Diese Tabelle zeigt, dafs bei Leber und Niere die Leitfähigkeit des abgestorbenen Gewebes ungefähr die Hälfte derjenigen des lebenden Gewebes beträgt, und dafs diese Verminderung der Leitfähigkeit unabhängig von der Todesursache ist. Auch bei den anderen Organen (Lunge und Zunge) sind die Verhältnisse

zwischen den Leitfähigkeitswerten des abgestorbenen resp. lebenden Gewebes in jedem Falle ungefähr konstant und schwanken zwischen $^{7}/_{10}$ und $^{8}/_{10}$.

§ IV. Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit des Muskelgewebes in Beziehung zu seiner funktionellen Thätigkeit.

Zunächst habe ich einige Untersuchungen ausgeführt, um zu sehen, wie die Leitfähigkeit der von dem Tiere abgelösten Muskeln abnimmt, während diese nach und nach ihre Kontraktilität verlieren. Zu diesen und allen folgenden Untersuchungen benutzte ich entweder die Schenkelmuskeln oder den Gastrocnemius des Frosches.

Für die Erregung der Muskeln wurden dieselben Elektroden angewandt, zwischen denen sich das Gewebe selbst zur Bestimmung der Leitfähigkeit befand. Man brauchte zu diesem Zwecke nur die Elektroden durch einen Kommutator aus der Brückenverzweigung auszuschalten und dieselben mit einem Schlitten von Du Bois-Reymond zu verbinden.

Zu verschiedenen Zeiten mafs ich zuerst das Leitvermögen, liefs dann den Muskel 5 Minuten lang ausruhen, erregte ihn dann und beobachtete die Stärke seiner Zusammenziehungen.

Tabelle XXIV.

Schenkelmuskeln. Temp. 18°.

Zeit	$\varkappa$	Stärke der Kontraktionen
0	25,3	Starke Kontraktionen
1 Stunde	23,0	» »
4 Stunden	19,3	Schwächere Kontraktionen
9 »	17,2	Fibrilläre »
22 »	14,7	Keine Kontraktionen
26 »	15,3	» »
32 »	16,5	» »
46 »	33,4	» »

Tabelle XXV.

Schenkelmuskeln. Temp. 17°.

Zeit	κ	Stärke der Kontraktionen
0	46,7	Starke Kontraktionen
1 Stunde	46,2	» »
3 Std. 30 Min.	45,3	» »
5 » 45 »	41,4	Schwächere Kontraktionen
8 Stunden	41,3	» »
23 »	36,9	Fibrilläre »
27 »	36,9	» »
30 »	36,8	» »
47 »	31,3	Keine Kontraktionen
57 »	39,1	» »
72 »	58,3	» »

Tabelle XXVI.

Schenkelmuskeln. Temp. 16°.

Zeit	κ	Stärke der Kontraktionen
0	39,1	Starke Kontraktionen
3 Std. 10 Min.	43,9	» »
5 » 30 »	44,7	Schwächere Kontraktionen
7 » 35 »	40,3	» »
8 » — »	40,1	Fibrilläre »
11 » 40 »	38,3	» »
22 Stunden	36,3	» »
31 »	34,2	Keine Kontraktionen
46 »	32,9	» »

Schon aus diesen Versuchen erkennt man, dafs ein gewisser Parallelismus zwischen Leitfähigkeit und Kontraktilität besteht. Man kann auch ersehen, dafs das Minimum der Leitfähigkeit kurz nach dem Verschwinden der Kontraktilität eintritt, was wieder ein Beweis dafür ist, dafs die Leitfähigkeit eines Gewebes sich mit dem Tode desselben vermindert.

Diese Aufstellung erforderte aber noch weitere Beweise. Zu diesem Zwecke präparierte ich einen Froschgastrocnemius, wie man es gewöhnlich für die myographischen Versuche macht. Dem Bauche des Muskels entsprechend wurden die von mir gebrauchten Elektroden derart eingestellt, dafs der Muskel nicht zu

stark gedrückt wurde, während eine vollständige Berührung des Gewebes mit beiden Elektrodenoberflächen gesichert war; dies erreicht man leicht, wenn man sehr grofse Tiere anwendet. Der ganze Apparat wurde in einer passenden Schachtel eingeschlossen, welche befeuchtete Watte enthielt, um das Austrocknen des Muskels zu verhindern.

Die Erregung des Muskels geschah auf die gewöhnliche Weise durch die in die Sehnen eingesteckten Häkchen, welche mit einem Schlittenapparat in Verbindung waren. Der schreibende Hebel war ungefähr 15 cm lang.

So konnte man die Werte der Leitfähigkeit mit denen der Kontraktionsstärke (auf dem rotierenden Cylinder in Millimetern gemessen) vergleichen. Wie bei den obenstehenden Versuchen

Tabelle XXVII.

Gastrocnemius. Temp. 20°.

Zeit	$\varkappa$	Höhe der Kontraktionen	Abstand der Schlittenrollen
		mm	cm
0	22,1	29½	15
2 Stunden	19,1	22½	15
5 »	18,4	42	10
9 »	21,9	31	10
10 Std. 30 Min	22,4	29	10
23 Stunden	19,5	7½	8
25 »	19,2	4	8
29 »	17,0	0	0

Tabelle XXVIII.

Gastrocnemius. Temp. 20°.

Zeit	$\varkappa$	Höhe der Kontraktionen	Abstand der Schlittenrollen
		mm	cm
0	21,4	12½	15
1 Stunde	24,7	12	15
2 Stunden	23,0	11	15
3 »	23,0	7½	10
5 »	22,9	6	10
17 »	19,1	½	0
24 »	18,9	0	0

bestimmte man die Leitfähigkeit in verschiedenen Zeitintervallen, liefs jedesmal den Muskel 5 Minuten lang ausruhen und erregte dann die Kontraktionen.

Auch aus diesen Versuchen geht klar hervor, dafs die Leitfähigkeit des Muskels mit der Abnahme der Kontraktilität sich vermindert.

Mit folgenden Untersuchungen habe ich dann die Variationen der elektrischen Leitfähigkeit der Muskeln nach beträchtlicher Arbeit studiert. Die Muskeln wurden wie gewöhnlich präpariert, nur wurde die Erregung derselben mittels stärkerer Ströme und während einer längeren Zeitdauer, bis die Muskelfasern ganz erschöpft waren, ausgeführt.

1. Schenkelmuskeln. Temp. 21°.
   Sogleich nach ihrer Exstirpation . . . . . $\varkappa = 29{,}7$
   Elektrische Erregung, bis keine Zusammenziehungen mehr vorkommen (30 Min.) . » $= 24{,}8$
   Zweistündiges Ausruhen (die Kontraktilität erscheint wieder) . . . . » $= 30{,}3$
2. Schenkelmuskeln. Temp. 20°.
   Sogleich nach ihrer Exstirpation . . . . . $\varkappa = 35{,}4$
   Elektrische Erregung 15 Min. lang . . . . » $= 28{,}8$
   Zweistündiges Ausruhen . . . . » $= 32{,}6$
   Elektrische Erregung 15 Min. lang . . . . » $= 25{,}5$
   Zweistündiges Ausruhen . . . . » $= 30{,}3$
3. Schenkelmuskeln Temp. 20°.
   Sogleich nach ihrer Exstirpation . . . . . $\varkappa = 39{,}1$
   Elektrische Erregung 15 Min. lang . . . . » $= 29{,}6$
   Ausruhen während 2 Stunden 30 Min. . . . » $= 33{,}0$
   Elektrische Erregung 20 Min. lang . . . . » $= 26{,}6$
   Dreistündiges Ausruhen . . . . » $= 30{,}0$
4. Schenkelmuskeln. Temp. 21°.
   Sogleich nach ihrer Exstirpation . . . . . $\varkappa = 24{,}0$
   Elektrische Erregung 15 Min. lang . . . . » $= 14{,}6$
   Zweistündiges Ausruhen . . . . » $= 18{,}7$

5. Schenkelmuskeln. Temp. 21°.

Sogleich nach ihrer Exstirpation	$\varkappa = 39{,}0$
Elektrische Erregung 15 Min. lang	» $= 30{,}6$
Zweistündiges Ausruhen	» $= 36{,}7$
Elektrische Erregung 15 Min. lang	» $= 23{,}4$
Nach zweistündigem Ausruhen	» $= 30{,}0$
Nach 6 Stunden. Der Muskel ist nicht mehr kontraktionsfähig	» $= 28{,}4$
Elektrische Erregung (welche keine Kontraktionen hervorruft) 15 Min. lang	» $= 28{,}2$

Diese Untersuchungen wiesen übereinstimmend darauf hin, dafs die Leitfähigkeit des Muskelgewebes nach wiederholten Kontraktionen bedeutend abnimmt, und dafs sie nach einer passenden Ruhepause wieder steigt, ohne jedoch den Anfangswert zu erreichen. Aus dem letzteren Versuche ersieht man, dafs auch die Veränderungen der Leitfähigkeit nur von der Muskelarbeit abhängen, weil das Durchgehen faradischer Ströme durch die abgestorbenen (nicht mehr zusammenziehbaren) Muskelfasern das Leitvermögen derselben nicht mehr modifiziert.

§ V. Variationen der elektrischen Leitfähigkeit tierischer Gewebe in Abhängigkeit von der Temperatur.

Die diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen wurden mit möglichst grofser Genauigkeit ausgeführt, und ich halte es für unentbehrlich, einige Details der Technik anzugeben.

Als Versuchstiere benutzte ich die Schildkröte, weil ihre Organe lange Zeit nach der Exstirpation lebendig bleiben und sich die Leitfähigkeit derselben nur unbedeutend verändert. Ich gebrauchte stets denselben Apparat (s. S. 292) und bestimmte seine Kapazität vor jedem Versuch wieder. Dieser Apparat wurde in ein sehr dünnes Gummisäckchen eingeführt und in das Wasser eines passenden Bades gestellt. So war das Gewebe nur durch eine sehr dünne Schicht von dem Wasser getrennt, und ich konnte daher ganz sicher sein, dafs die Temperatur des Gewebes stets derjenigen des Wassers gleich war. Das Bad bestand aus einem

Gefäfs von $2^1/_2$ l Inhalt, welches ein automatisches Rührwerk (eine einfache Anordnung bei Ostwald) enthielt. Die Temperatur des Wassers wurde langsam (alle 3 Min. 1⁰) erhöht und mittels eines in Zehntelgrade geteilten Thermometers gemessen. Die Ablesungen machte man mit einem passenden Fernrohr. Sobald die Temperatur den gewünschten Grad erreicht hatte, führte ich sofort die Messung aus. Einige der in den Tabellen dargestellten Werte wurden durch graphische Interpolation ermittelt. Diese Zahlen sind in Klammern eingeschlossen.

Mit jeder Gewebeart habe ich mindestens vier Versuche gemacht, manchmal sechs oder sieben; von diesen werden aber nur zwei oder drei angeführt.

Die untersuchten Gewebe waren: Niere, Leber, Milz, Herz, Muskeln. Die Bestimmungen wurden teils an noch lebendigen Organen, teils an Organen ausgeführt, die man gefrieren lassen und 24 Stunden in Eis aufbewahrt hatte, deren Zellen also sicher abgestorben waren. Andere Leitfähigkeitsmessungen (Kontrollversuche) wurden an dem centrifugierten Blutserum der Schildkröte gemacht. In letzterem Falle wandte ich die gewöhnliche Ostwaldsche Zelle an, welche in das obengenannte Bad gestellt wurde. (S. § VI).

In den Tabellen auf S. 322—323 sind die den verschiedenen Temperaturen entsprechenden Werte der lebendigen resp. abgestorbenen Gewebe zusammengestellt.

Bei Prüfung dieser Tabellen und besser bei der Übersicht der dazu entsprechenden graphischen Darstellungen (Fig. 2, 3 u. 4) sieht man zunächst, dafs ein bedeutender Unterschied im Verhalten der Leitfähigkeit bei lebendigem und bei abgestorbenem Gewebe besteht. In den Fällen, in welchen das Gewebe schon am Anfang des Versuchs abgestorben war, wuchs die Leitfähigkeit stetig und regelmäfsig, indem sie von Werten ausging, welche wenig kleiner als diejenigen waren, die die Leitfähigkeit der anfangs lebenden Gewebe erreicht, wenn deren Zellen durch die gröfsere Zunahme der Temperatur absterben.

In Bezug auf die lebenden Gewebe kann man die folgenden Thatsachen feststellen:

Tabelle XXIX.
Niere.

Temperatur in Graden	Lebendes Gewebe 1. Versuch $\varkappa$	Lebendes Gewebe 2. Versuch $\varkappa$	Abgestorbenes Gewebe $\varkappa$
12°	89,6	92,2	—
14	91,5	93,0	—
16	92,6	94,3	—
18	94,1	95,2	—
20	95,5	96,4	52,0
22	96,4	97,7	53,1
24	97,7	98,8	54,0
26	98,1	98,0	56,2
28	99,1	99,9	59,1
30	99,7	100,4	63,0
32	99,9	101,0	67,3
34	96,2	98,4	72,2
36	91,1	95,2	77,8
38	87,4	93,9	85,2
40	79,4	88,7	92,6
42	76,0	81,6	98,0
44	68,7	76,8	103,2
46	64,4	73,5	115,0
48	59,6	68,3	134,9
50	54,6	62,8	148,0
52	52,8	58,9	159,6
54	96,8	60,8	184,8
56	109,6	76,5	210,0
58	155,3	93,6	234,1
60	292,5	189,7	264,8
62	(356,0)	(215,8)	302,6
64	420,4	314,0	—
66	484,5	364,0	—
68	549,3	(424,0)	—
70	—	488,1	—

Tabelle XXX.
Leber.

Temperatur in Graden	Lebendes Gewebe 1. Versuch $\varkappa$	Lebendes Gewebe 2. Versuch $\varkappa$	Abgestorbenes Gewebe $\varkappa$
14°	32,9	31,3	—
16	33,6	31,6	—
18	34,6	32,6	—
20	35,3	33,6	16,3
22	35,9	34,3	17,2
24	36,3	34,7	18,8
26	36,8	35,4	21,1
28	37,3	36,1	23,8
30	37,4	36,8	26,0
32	37,7	37,6	27,2
34	37,6	37,2	29,0
36	37,1	37,1	30,1
38	35,4	36,4	34,2
40	33,0	35,2	36,8
42	30,9	33,3	39,7
44	30,8	31,1	44,8
46	29,1	28,6	(54,0)
48	27,2	25,3	67,3
50	25,6	22,0	(75,8)
52	26,3	24,4	90,0
54	26,8	(27,8)	(104,2)
56	28,2	(31,7)	113,1
58	29,7	36,8	122,3
60	44,1	48,5	142,7
62	(63,7)	88,9	—
64	82,8	177,8	—
66	(102,0)	236,6	—
68	154,2	—	—
70	209,5	—	—

1. Bei der Niere und der Leber nimmt die Leitfähigkeit zunächst langsam und regelmäſsig zu; die Zunahme ist schneller bei der Milz, dem Herzen und den Muskeln.

2. Die Leitfähigkeit erreicht daher ein Maximum (bei den graphischen Darstellungen mit einem *a* bezeichnet) welches:

für die Niere um 32°

für die Leber zwischen 32° und 34°,

Tabelle XXXI. Milz. — **Tabelle XXXII.** Herz.

Temperatur in Graden	Milz: Lebendes Gewebe 1. Versuch κ	Milz: Lebendes Gewebe 2. Versuch κ	Milz: Abgestorbenes Gewebe κ	Temperatur in Graden	Herz: Lebendes Gewebe 1. Versuch κ	Herz: Lebendes Gewebe 2. Versuch κ	Herz: Abgestorbenes Gewebe κ
14°	43,9	49,7	—	14°	—	60,2	—
16	49,6	52,1	—	16	—	60,0	—
18	51,5	54,4	—	18	—	61,7	—
20	53,5	56,6	49,4	20	—	66,7	—
22	54,2	58,7	53,2	22	62,4	68,4	52,1
24	56,4	60,6	56,5	24	(64,2)	69,7	54,5
26	58,8	62,4	60,4	26	66,5	70,5	58,1
28	58,8	63,9	63,2	28	70,1	71,2	60,6
30	59,9	65,9	67,1	30	74,2	71,8	63,9
32	59,9	66,9	96,1	32	(73,0)	69,1	66,1
34	59,4	66,8	71,2	34	72,4	63,3	69,9
36	59,2	66,1	73,4	36	72,4	57,4	72,4
38	56,6	65,8	78,0	38	68,3	55,2	75,8
40	58,2	65,2	84,9	40	66,0	53,6	82,0
42	58,0	64,7	89,2	42	65,3	52,3	89,3
44	57,9	64,0	93,4	44	58,7	51,2	91,2
46	57,6	62,1	106,1	46	55,5	51,1	96,6
48	57,2	62,0	(120,4)	48	53,2	54,6	104,2
50	62,6	61,8	144,3	50	60,1	59,2	119,4
52	64,9	64,2	(172,0)	52	92,5	72,3	134,0
54	68,7	66,3	210,1	54	102,6	94,1	151,3
56	78,4	68,8	(258,0)	56	114,0	108,0	173,0
58	86,2	74,3	305,8	58	126,3	148,7	198,2
60	116,6	82,4	—	60	241,3	223,9	232,3
62	154,6	92,4	—	62	321,9	277,0	—
64	188,9	160,1	—	64	412,7	—	—
66	224,7	271,2	—	66	522,7	—	—
68	273,6	—	—	68	668,3	—	—
70	235,5	—	—	70	904,8	—	—

für die Milz zwischen 30° und 32°,
für das Herz zwischen 28° und 30°,
für die Muskeln zwischen 28° und 30° liegt.

Dieses Maximum ist auch ein Discontinuitätspunkt, und solche Unstetigkeit ist sehr deutlich bei den Kurven, welche die Leitfähigkeit des Herzens und der Muskeln repräsentieren, nicht ganz klar bei den Kurven der Milz und der Niere, und

Tabelle XXXIII.

Muskeln.

Temperatur in Graden	Quergeschnittene Froschmuskeln. Lebendes Gewebe $\varkappa$	Längsgeschnittene Muskeln der Schildkröte. Lebendes Gewebe $\varkappa$	Frosch-Gastrocnemius Lebendes Gewebe $\varkappa$	Muskeln der Schildkröte. Abgestorbenes Gewebe $\varkappa$
14°	102,9	—	—	—
16	111,3	—	—	—
18	112,3	—	—	—
20	114,4	—	—	—
22	116,6	66,4	32,7	—
24	124,2	69,9	34,2	(72,2)
26	126,3	74,7	35,2	80,4
28	128,8	78,3	36,1	84,8
30	130,6	77,1	39,0	89,1
32	130,4	75,3	38,1	96,1
34	130,4	75,6	37,8	102,3
36	130,3	74,7	37,4	110,7
38	124,4	72,0	36,8	(123,0)
40	158,9	74,1	35,7	(134,8)
42	176,1	77,4	38,0	145,4
44	194,2	88,2	43,1	153,2
46	206,8	93,0	44,8	178,3
48	216,0	106,5	47,4	(193,0)
50	226,6	129,6	52,1	205,8
52	236,0	—	—	(219,0)
54	(256,0)	—	—	242,1
56	282,1	—	—	(269,0)
58	378,4	—	—	306,2
60	708,0	—	—	(355,0)
62	1010,0	—	—	409,5

unsicher bei den Kurven, welche sich auf das Leitvermögen der Leber beziehen.

3. Nach diesem Maximum nimmt die Leitfähigkeit in jedem Falle ab, bis sie ein Minimum (welches bei den Kurven mit einem *b* bezeichnet ist) erreicht, das:

für die Niere um 52°,
für die Leber um 50°,
für die Milz zwischen 48° und 50°
für das Herz zwischen 46° und 48°
für die Muskeln zwischen 38° und 40° liegt.

Diesem Minimum entsprechend, oder kurz nach demselben kann man einen andern Discontinuitätspunkt beobachten (bei den Kurven mit einem c bezeichnet), worauf die Leitfähigkeit sehr rasch zunimmt.

4. Dieser Sprung der Leitfähigkeit tritt
 bei der Niere (gleich nach dem Minimum) zwischen 52° und 54°,
 bei der Leber zwischen 56° und 58°,
 bei der Milz zwischen 54° und 56°,
 bei dem Herzen (dem Minimum entsprechend) zwischen 46° und 48°;
 bei den Muskeln zwischen 46° und 50°

ein.

Nach einem solchen Sprunge wird der Gang der Kurven demjenigen gleich, welchen die Kurven zeigen, die sich auf die schon anfangs abgestorbenen Gewebe beziehen.

Bei den folgenden graphischen Darstellungen wurden die Temperaturen als Abscissen eingetragen und als Ordinaten dazu die Werte der Leitfähigkeit.

(Siehe Fig. 2 S. 326, Fig. 3 S. 327 und Fig. 4 S. 328.)

In Bezug auf die Leitfähigkeit der Niere möchte ich folgende Betrachtungen anknüpfen. Wenn man einen Blick auf die Kurve wirft, welche die Leitfähigkeit der schon am Anfang des Versuchs abgestorbenen Niere repräsentiert (s. Fig. 2 Kurve III), erkennt man leicht, dafs sie sehr einer der Gleichung

$$\varkappa = \varkappa_0 + a\,(t - t_0) + b\,(t - t_0)^2$$

entsprechenden Parabel nahe kommt, bei der man statt t_0 20° und statt $\varkappa_0$ (den Wert der Leitfähigkeit bei 20°) 52,0 setzen kann.

In diesem Falle können wir die Koëffizienten a und b durch zwei andere Wertpaare von t und $\varkappa$ (nämlich $\varkappa'$, t', $\varkappa''$, t'') nach den Formeln

$$a = \frac{(\varkappa' - \varkappa_0)\,(t'' - t_0)^2 - (\varkappa'' - \varkappa_0)\,(t' - t_0)^2}{(t' - t_0)\,(t'' - t_0)^2 - (t' - t_0)^2\,(t'' - t_0)}$$

$$b = \frac{(t' - t_0)^2\,(\varkappa'' - \varkappa_0) - (t'' - t_0)\,(\varkappa_0 - \varkappa_0)^2}{(t' - t_0)\,(t'' - t_0)^2 - (t' - t_0)^2\,(t'' - t_0)}$$

leicht berechnen.

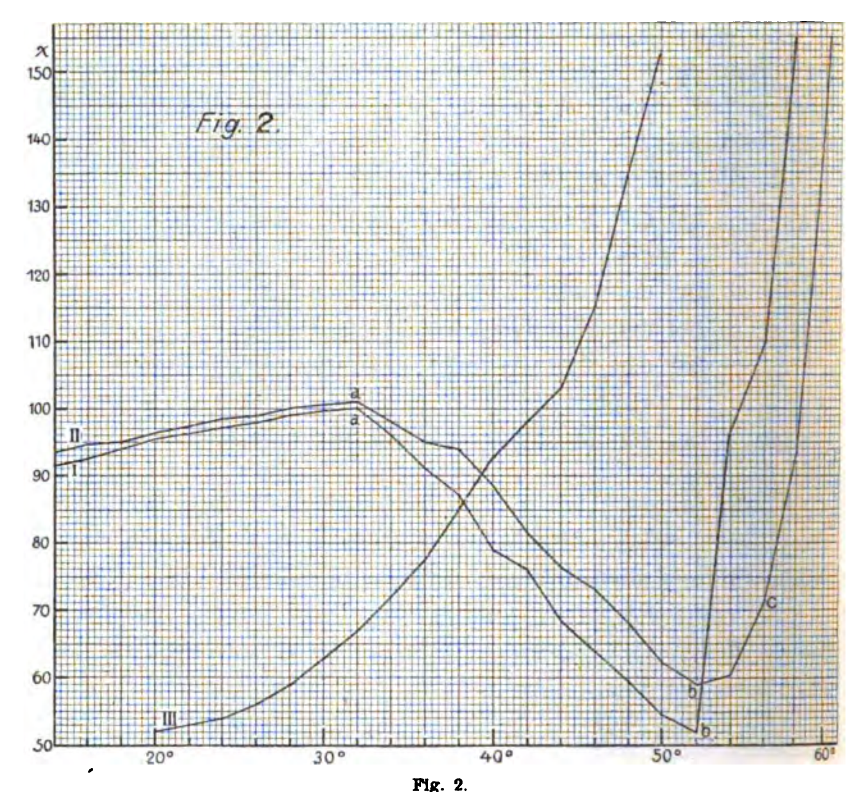


Fig. 2.
Kurven, welche die Variationen der Leitfähigkeit der Niere von der Schildkröte in Abhängigkeit von der Temperatur darstellen. (S. Tab. XXIX.)
Kurve I: Lebendes Gewebe. 1. Versuch.
» II: » » 2. »
» III: Abgestorbenes Gewebe.

Nehmen wir jetzt für t' 24°, dann wird $\varkappa'$ 54,0, und geben wir t'' und $\varkappa''$ der Reihe nach die Werte, welche sich in der Tabelle XXIX befinden. Nach den obenstehenden Formeln ergeben sich für a und b die folgenden Zahlen:

Tabelle XXXIV.

t''	$\varkappa''$	a	b
28°	59,1	0,1126	0,0969
32	67,3	0,1125	0,0968
36	77,8	0,1146	0,0927
40	92,6	0,1174	0,1046
44	103,2	0,0901	0,1025
48	134,9	0,0900	0,1025
52	159,6	0,0912	0,1021

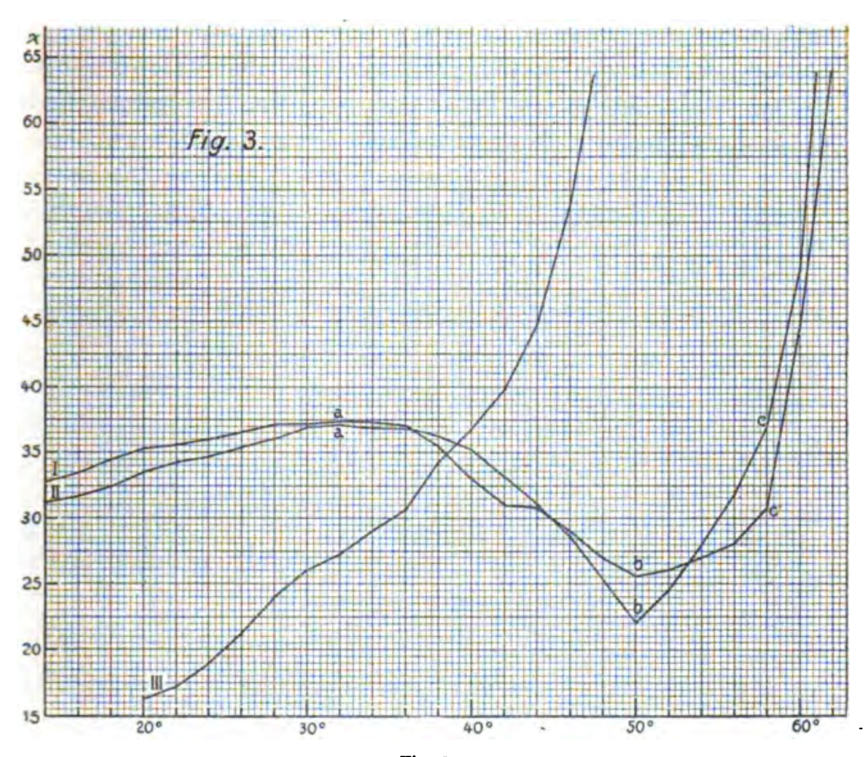


Fig. 3.
Kurven, welche die Variationen der Leitfähigkeit der Leber von der Schildkröte in Abhängigkeit von der Temperatur darstellen. (S. Tab. XXX.)

Kurve I: Lebendes Gewebe 1. Versuch.
» II: » » 2. »
» III: Abgestorbenes Gewebe.

Man erkennt sofort, daſs a und b aus diesen verschiedenen Berechnungen annähernd konstant resultieren und dies beweist, daſs die erhaltene Kurve (abgesehen von kleinen experimentellen Fehlern) wirklich einer Parabel entspricht. Die Konstanz der Koeffizienten a und b ist darum bedeutungsvoll, weil sie beweist, daſs Invariabilitätsbedingungen (in Bezug auf die physikalisch-chemische Zusammensetzung des Protoplasmas) für das abgestorbene Gewebe existieren.

Die Änderungen des Leitvermögens in seiner Abhängigkeit von der Temperatur gehen bei einem abgestorbenen Gewebe wie bei vielen Elektrolytenlösungen vor sich, nämlich nach einem

sehr einfachen Kurventypus. Im Gegensatz dazu scheinen die Kurven, welche die Leitfähigkeit eines lebenden Gewebes darstellen, nicht analytisch darstellbar zu sein, wenigstens nicht unter der einfachen, oben gefundenen Form.

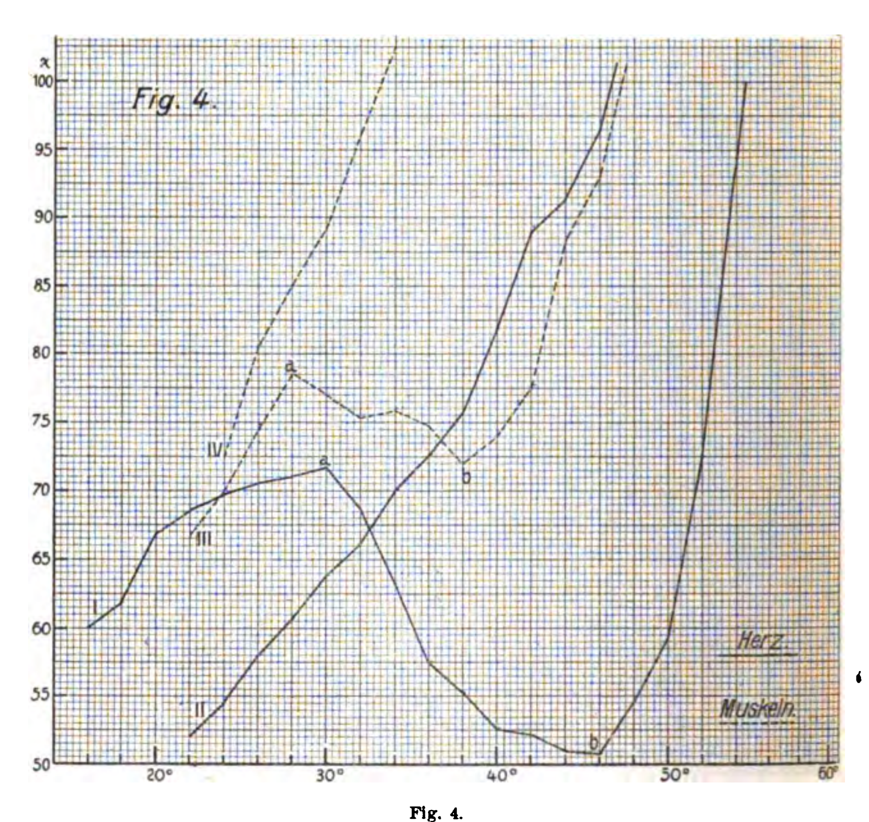


Fig. 4.
Kurven, welche die Variationen der Leitfähigkeit des Herzens und der Muskeln von der Schildkröte in Abhängigkeit von der Temperatur darstellen. (S. Tab. XXXII und XXXIII.)

Kurve I: Herz. Lebendes Gewebe. 2. Versuch.
» II: » Abgestorbenes Gewebe.
» III: Muskeln. Lebendes Gewebe.
» IV: » Abgestorbenes Gewebe.

Überdies enthalten sie Discontinuitätspunkte, welche darauf hinweisen, daſs groſse Veränderungen in der physikalisch-chemischen Zusammensetzung eines Gewebes eintreten, wenn dasselbe von dem Leben- in den Todeszustand übergeht.

Bei dem obenerwähnten Falle, d. h. bei dem schon abgestorbenen Gewebe, kann man auch leicht den Temperaturkoeffizienten k bestimmen, indem man die oben geschriebene Gleichung differenziert und dieselbe durch $\varkappa_0$ (wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, den Temperaturkoeffizienten in Teilen des Leitvermögens bei $t_0 = 20^0$ ausdrücken will) dividiert.

Dann kann man schreiben:

$$k = \frac{1}{\varkappa_0}\frac{d\varkappa}{dt} = \frac{a}{\varkappa_0} + \frac{b}{\varkappa_0}(t - t_0).$$

Im vorliegenden Falle sind für $\varkappa_0$ 52 und für a und b die Werte, welche schon berechnet wurden, zu setzen. Bei den lebenden Geweben ist, wie aus dem bereits Gesagten hervorgeht, der Temperaturkoeffizient nicht bestimmbar.

§ VI. Variationen der Leitfähigkeit des Blutes und des Blutserums während der enzymatischen resp. der durch die Wärme erzeugten Koagulation.

Bei den oben geschilderten Untersuchungen habe ich die Veränderungen der Leitfähigkeit bestimmt, welche in den Geweben bei der durch die Wärme erzeugten Koagulation vor sich gehen. Anderseits kann man auch denken, daſs während des Absterbens des Protoplasmas eine besondere Art enzymatischer Gerinnung zustande kommt. Es ist daher von groſsem Interesse, den Einfluſs zu bestimmen, welchen diese zwei verschiedenen Gerinnungsvorgänge auf die Leitfähigkeit ausüben.

Zu diesem Zwecke habe ich folgende Versuche mit dem Blute oder Blutserum der von mir untersuchten Tiere ausgeführt. Das Blut wurde direkt von der Carotis in dem vorher bei 38° erwärmten Leitfähigkeitsgefäſs (Ostwaldsche Zelle) gesammelt, und dieses wurde dann in das Bad bei 38° gestellt. So erlitt die Temperatur des Blutes keine Veränderung und dieselbe konnte daher beliebig erhöht werden. Das Serum wurde durch Defibrinieren und Centrifugieren des Blutes erhalten. Um zu sehen, wann die Flüssigkeit geronnen war, genügte es, die Elektroden zeitweise leicht zu schütteln.

Alle auf diese Untersuchungen bezüglichen Leitfähigkeitswerte wurden mit 10^3 multipliziert.

A. Versuche über die enzymatische Gerinnung des Blutes.

Tabelle XXXV.

Hundeblut.

1. Versuch			2. Versuch			3. Versuch		
Zeit Minuten	κ	Beob-achtungen	Zeit Minuten	κ	Beob-achtungen	Zeit Minuten	κ	Beob-achtungen
1	4,29		1	4,12		1	4,95	
2	4,38		2	4,17		2	4,97	
3	4,47		3	4,22		2½	4,95	
4	4,49		4	4,26		3	4,95	
5	4,49		5	4,29		4	4,95	
8	4,26	geronnen	6	4,22		5	4,91	
10	4,05		7	4,22		6	4,90	
15	4,05		8	4,07		7	4,90	
20	3,87		9	4,07	geronnen	8	4,79	geronnen
25	3,63		10	4,02		9	4,77	
			11	3,92		11	4,66	
			12	3,81				
			13	3,76				
			120	1,76				

4. Versuch			5. Versuch			6. Versuch		
1½	5,52		1	6,39		5	5,81	
2	5,52		2	6,35		7	5,80	
3	5,52		3	6,39		9	5,76	geronnen
4	5,47		4	6,39		11	5,64	
5	5,52		5	6,38				
6	5,52		6	6,32				
7	5,52		7	6,32				
9	5,49	geronnen	8	6,21				
11	5,48		9	6,12	geronnen			
13	5,46		10	6,07				
15	5,42		11	6,03				
17	5,38		12	6,00				
			13	5,92				
			14	5,92				
			15	5,92				
			16	5,88				
			17	5,83				
			18	5,78				
			23	5,23				
			45	4,49				

Tabelle XXXVI.

Kaninchenblut.

1. Versuch			2. Versuch			3. Versuch		
Zeit Minuten	$\varkappa$	Beobachtungen	Zeit Minuten	$\varkappa$	Beobachtungen	Zeit Minuten	$\varkappa$	Beobachtungen
$1^1/_2$	5,69		1	6,79		1	7,73	
2	5,68		2	6,90		8	7,61	geronnen
3	5,68		3	6,94		25	7,30	
4	5,66		4	6,99				
5	5,65		5	7,02				
6	5,66		6	7,02				
7	5,68		7	6,95				
8	5,68		8	6,74	geronnen			
9	5,68		9	6,55				
10	5,66	geronnen	10	6,35				
12	5,61		11	6,29				
17	5,51		16	6,15				
24	5,37		31	5,60				
47	4,96							
77	4,66							
122	5,67							

4. Versuch			5. Versuch			6. Versuch		
Zeit Minuten	$\varkappa$	Beobachtungen	Zeit Minuten	$\varkappa$	Beobachtungen	Zeit Minuten	$\varkappa$	Beobachtungen
2	5,39		2	5,31		2	6,31	
10	5,26	geronnen	60	4,65	geronnen seit vieler Zeit	7	5,90	geronnen
40	4,62		120	4,42		15	5,16	
			160	4,32				

Aus dieser Tabelle sieht man, dafs die Leitfähigkeit nach einigen kleinen Schwankungen wenige Minuten lang einen konstanten Wert zeigt, und dann, sobald die Gerinnung eintritt, etwas abnimmt und zwar

bei dem Hundeblute Vers. 1 um 5,12 %,
» » » » 2 » 3,55 »
» » » » 3 » 2,24 »
» » » » 4 » 0,72 »
» » » » 5 » 3,17 »

bei dem Kaninchenblute Vers. 1 um 1,23 %,
» » » » 2 » 3,99 »
» » » » 3 » 1,55 »
» » » » 4 » 2,41 »

Diese Verminderung der Leitfähigkeit wird mit der Zeit stärker.

B. Untersuchungen über die durch Wärme erzeugte Gerinnung des Blutes und des Serums.

Tabelle XXXVII.

	Flüssiges Blut κ (Temp. 38°)	Geronnenes Blut κ (Temp. 38°)	Durch die Wärme koaguliertes Blut κ (Temp. 38°)
Hundeblut	4,22	1,76 (nach 2 St)	4,24
»	6,39	4,49 (n. 45 Min.)	6,38
Kaninchenblut . . .	6,79	5,60	6,80
» . . .	7,78	7,30 (» 25 »)	7,74
» . . .	5,39	5,26 (» 10 »)	7,21
» . . .	6,81	5,16 (» 15 »)	6,99
Kaninchenblutserum .	13,75	—	13,75
»	13,02	—	13,13

Aus dieser Tabelle sieht man, dafs die Leitfähigkeit des Blutes, welche nach der enzymatischen Gerinnung beträchtlich abgenommen hatte, nach der durch Wärme verursachten Koagulation zu dem Werte zurückkehrte, welchen das flüssige Blut am Anfang des Versuchs zeigte.

Auch bei dem Blutserum kommt nach der Koagulation keine Veränderung der Leitfähigkeit oder nur eine sehr geringe zustande.

In der folgenden Tabelle endlich sind die Ergebnisse von drei Versuchen dargestellt, welche sich an die in § V beschriebenen Untersuchungen knüpfen. Man sieht, dafs die Leitfähigkeit des Blutserums stetig mit der Temperatur wächst, wie es bei einfachen Elektrolytenlösungen geschieht. Auch wenn die Koagulation der Serumproteïde eintritt, ist keine Unstetigkeit zu beobachten.

Tabelle XXXVIII.

Blutserum der Schildkröte.

Temperatur	1. Versuch		2. Versuch		3. Versuch	
	$\varkappa$	Beobachtungen	$\varkappa$	Beobachtungen	$\varkappa$	Beobachtungen
16°			8,33			
18			8,70			
20			9,14			
22			9,54			
24	9,98		9,93		9,28	
26	10,30		11,36		9,55	
28	10,80		10,87		10,02	
30	11,44		11,26		10,30	
32	11,61		11,72		10,83	
34	12,00		12,10		11,26	
36	12,46		—		11,44	
38	12,90		12,90		11,95	
40	13,38		14,22		12,36	
42	13,81		—		12,84	
44	14,26		14,29		13,25	
46	14,70		15,34		13,62	
48	15,18		15,43		14,02	
50	15,68		15,59		14,65	
52	16,11		15,98		15,26	
54	16,52		16,40		15,62	
56	16,96		16,88		15,94	
58	17,46		17,34		16,26	
60	17,78		17,78		16,68	
62	18,23		18,26		16,86	
64	18,81	trübe	18,73		17,38	
66	19,25	fast geronn	19,34	trübe	17,88	
68	19,70	coaguliert	19,77	geronnen	18,17	koaguliert
70	20,10		20,28		18,57	

Wie kann man die kleine Verminderung der Leitfähigkeit während der enzymatischen Gerinnung des Blutes erklären? Bis jetzt bin ich nicht im stande, diese Frage mit Sicherheit zu beantworten, da die Erscheinung durch andere Thatsachen kompliziert wird, nämlich durch die Zusammenziehung des zwischen den Elektroden sich bildenden Koagulums, weil auf diese Weise Fibrinfasern und Blutkörperchen zwischen den Elektroden sich

anhäufen, während das Serum, das leitende Element des Blutes, ausgepreſst wird. Nimmt man aber an, daſs im ersten Moment der Blutgerinnung eine Verbindung der Ca-Salze mit dem Fibrinogen zustande kommt, so kann man auch die Hypothese aufstellen, daſs wenigstens die erste, sehr kleine Verminderung der Leitfähigkeit durch eine Befestigung von metallischen Jonen bedingt sei.

Die Thatsache aber, daſs bei der durch die Wärme erzeugten Koagulation, die Leitfähigkeit zu dem Anfangswerte zurückkehrt, kann man dadurch erklären, daſs die obenerwähnten Verbindungen sich wieder auflösen, während der Zustand des Koagulums sich modifiziert und wieder eine Gleichförmigkeit in dem ganzen System zustande kommt.

Schluſsfolgerungen.

An die Hauptergebnisse der gegenwärtigen Versuche knüpfen sich folgende Betrachtungen.

Die wichtigste Thatsache ist die Verminderung der Leitfähigkeit bei dem von selbst erfolgenden Absterben eines Gewebes, sowie bei dem durch Erwärmung oder Gefrierung verursachten.

Wodurch kann diese Verminderung bedingt sein? Zwei Faktoren sind hier zu beachten: einerseits die Zahl der in dem Gewebe vorhandenen Jonen, anderseits die Reibung derselben, d. h. der Widerstand, welchen die Bestandteile der Zellen den Bewegungen der Jonen entgegensetzen. Mit anderen Worten: nimmt bei dem Tode des Protoplasmas die Zahl der Jonen ab, oder ihre Reibung zu? Es ist nicht leicht, diese Frage zu entscheiden; es wäre jedoch kaum zu verstehen, wie die Durchlässigkeit des Protoplasmas sich bei dem Tode desselben verändern könnte. Wenn man auch annimmt, daſs das Absterben des Protoplasmas mit einer Modifizierung des physikalischen Zustandes desselben, z. B. mit dem Übergehen eines gewissen Hydrosols in ein Hydrogel zusammenfällt, hat man doch kein Argument, um eine Zunahme des Widerstands seitens der colloidalen Körper der Jonenbeweglichkeit gegenüber annehmen zu können. In der That haben viele von verschiedenen Verfassern ausgeführte Versuche schon erwiesen, daſs die Leitfähigkeit der

colloidale Körper und Elektrolyten enthaltenden Lösungen bei den Zustandsänderungen desselben keine sprungweise Variation erleidet. Meine gegenwärtigen Versuche stimmen vollkommen mit diesen Ergebnissen überein, weil die Leitfähigkeit des Serums sich nach der Gerinnung nicht änderte, und diese Thatsache wurde auch von Sabbatani beobachtet. Überdies, bei den Leitfähigkeitsbestimmungen des Serums bei verschiedenen Temperaturen tritt keine Unstetigkeit des Leitvermögens ein, wenn das Serum aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht. Dieselbe Erscheinung kann man auch bei den abgestorbenen Geweben in dem Moment der Gerinnung ihrer Proteïde beobachten.[1])

Ziehen wir jetzt den anderen oben erwähnten Faktor in Betracht, nämlich die Zahl der vorhandenen freien Jonen.

Die Jonen bestehen aus denen der Mineralbestandteile sowie den H-Jonen und OH-Jonen (und vielleicht aus anderen komplizierteren Jonenarten), welche alle an der Zusammensetzung der Protoplasma-Moleküle teilnehmen und sich auch in den intercellulären und extracellulären Flüssigkeiten befinden. Nun könnte man sich denken, dafs einige von diesen während des Lebens des Protoplasmas freien Jonen sich bei dem Absterben desselben mit den proteïschen Molekülen verbinden, so dafs sie nicht mehr für die Stromleitung dienen können.

---

1) In Bezug hierauf sind die folgenden bibliographischen Daten zu erwähnen. Tietzen-Hennig führte verschiedene Untersuchungen mit gips- oder gelatinehaltige Elektrolytenlösungen aus mit dem Ergebnis, dafs beim Erstarren der Mischungen keine Veränderung der Leitfähigkeit erfolgt. Der Temperaturkoeffizient solcher Mischungen war gleich demjenigen der reinen Elektrolytenlösungen. Diese Thatsache, welche von entscheidendem Wert ist als Beweis dafür, dafs der Zustand der colloidalen Körper keinen Einflufs auf die Leitfähigkeit ausübt, war schon von Beetz für das Gips und von Arrhenius für die Gelatine beobachtet worden. Lüdeking kommt zu gleichen Schlufsfolgerungen. Er experimentierte mit Mischungen von 2-, 5-, 4-, 10 proz. Zinksulphatlösungen und von 25-, 50 proz. Gelatinelösungen. Bei den von ihm gezeichneten Kurven, indem er die Temperaturen als Abcissen, die Leitfähigkeitswerte als Ordinaten eintrug, konnte man keine Unstetigkeit wahrnehmen, wo die Gelatine aus dem festen in den flüssigen Zustand überging. Levi fand, dafs verschiedene colloidale Körper (Agar-Agar, Gelatine, Salycilsäure) keinen Einflufs auf den Dissociationsgrad und auf die Wanderungsgeschwindigkeit der Jonen ausüben.

Man kann mit anderen Worten sagen, dafs eine Feststellung von Jonen bei dem Absterben des Protoplasmas stattfindet, oder umgekehrt, dafs das Leben des Protoplasmas durch eine höhere Jonisation charakterisiert ist, und an diese Voraussetzung kann man die Hypothese knüpfen, dafs die Kräfte, deren Vorhandensein in den Jonen wir annehmen und die besonders dann in Aktion treten, wenn Jonen einer bestimmten Art, von denen der entgegengesetzten getrennt sind (wie z. B. geschieht, wenn Diaphragmen von verschiedener Durchlässigkeit für die einen oder anderen Jonen existieren, oder, wenn in den Molekülen verschiedene Zusammensetzungsbedingungen für die eine oder andere Jonenart bestehen) eine wichtige Rolle in den Lebenserscheinungen spielen.

Im Anschlufs an die obenerwähnte Hypothese kann man leicht die Erscheinungen erklären, welche sich auf die Variationen der Leitfähigkeit der lebenden Gewebe, in Abhängigkeit von der Temperatur, beziehen:

a) Die initiale regelmäfsige Steigerung der Leitfähigkeit wird dadurch bedingt, dafs die Beweglichkeit der Jonen sich durch die höhere Temperatur vermehrt, während ihre Zahl, sowie ihr Verhältnis zu den proteïschen Protoplasmabestandteilen sich nicht verändert.

b) Der unstetige Punkt, welcher im allgemeinen einem Maximum der Leitfähigkeit entspricht, hängt wahrscheinlich davon ab, dafs bei dem beginnenden, durch die höhere Temperatur verursachten Absterben des Protoplasmas die Bindung einer bedeutenden Menge der vorher freien Jonen stattfindet.

Dieser Discontinuitätspunkt ist bei der Niere und Leber undeutlich, weil diese Gewebe in ihren intercellulären Räumen reichliche Mengen von Elektrolyten besitzen, und die Leitung der Elektricität gröfstenteils durch diese geschieht, welche, wenn die Zellprotoplasmen absterben, nur in geringem Mafse gebunden werden können; viele andere Jonen bleiben frei und durch ihre erhöhte Beweglichkeit wird die geringe Verminderung ihrer Zahl kompensiert.

c) Das Abnehmen der Leitfähigkeit nach dem oben erwähnten Maximum hängt wahrscheinlich davon ab, daſs die Verbindung der Elektrolyten mit den proteischen Molekülen fortschreitet und erst wenn die Verbindung vollendet ist, tritt das Minimum der Leitfähigkeit ein.

d) Der Sprung der Leitfähigkeit, welche den Temperaturen entspricht, die den Koagulationspunkten der Eiweiſskörper sehr nahe liegen, und welcher eintritt, wo die Kurven der anfangs lebenden Gewebe denjenigen der abgestorbenen gleich werden, ist etwas schwer zu erklären, weil diese Thatsache im Gegensatz zu dem oben Gesagten (nämlich, daſs keine Discontinuität der Leitfähigkeit bei den Gerinnungspunkten der Proteïden stattfindet) zu stehen scheint. Man kann zwei Hypothesen aufstellen: einerseits, daſs die während des Todes des Protoplasmas entstandenen Verbindungen zwischen Elektrolyten und proteïschen Bestandteilen sich plötzlich lösen, und viele Jonen sich auf diese Weise befreien, anderseits, daſs die durch die Gerinnung verursachte Zusammenziehung der Zellprotoplasmen die Zerstörung der Membranen und Diaphragmen, welche, wie gesagt, die Beweglichkeit der Jonen beeinträchtigen, bedingt.

* * *

Wenn wir die Resultate dieser Untersuchungen zusammenfassen, können wir folgende Schlüsse ziehen:

1. Nach der Kohlrauschschen Methode und mittels passender Elektroden kann man die elektrische Leitfähigkeit lebender und abgestorbener tierischer Gewebe bestimmen, welche sich in verschiedenen physikalischen Bedingungen oder in verschiedenen Funktionszuständen befinden. Diese Leitfähigkeit ist die Resultante verschiedener Faktoren, welche einzeln nicht zu bestimmen sind. Die hauptsächlichsten dieser Faktoren sind: die Zahl der vorhandenen freien Jonen — die durch die colloidalen Bestandteile bedingte Reibung — die Zahl, Stellung und Permeabilität der in dem Gewebe existierenden Diaphragmen (Zellwände, intercelluläre Substanzen, bindegewebige Membranen u. s. w.). Daher kann man, auch wenn man stets

gleiche Bedingungen bei den verschiedenen Messungen der Leitfähigkeit eines Gewebes herzustellen versucht, keine konstanten Werte bekommen, aber doch Werte, welche innerhalb mehr oder weniger enger Grenzen schwanken. Bei der Niere und Leber sind diese Grenzen noch weiter, und die Leitfähigkeit hängt von dem Funktionszustande des Organs und besonders von der Menge der in den Drüsenkanälchen enthaltenen Sekretionsprodukte ab. Diese Werte können jedoch mit Nutzen verglichen werden, um gewisse Schlufsfolgerungen über den Zustand der Zellprotoplasmen unter verschiedenen Bedingungen zu ziehen.

2. Bei dem von selbst erfolgenden Tode der Gewebe nach der Exstirpation derselben nimmt die Gewebeleitfähigkeit bis zu einem Minimum ab. Diese Verminderung der Leitfähigkeit wird wahrscheinlich durch eine Bindung der während des Lebens des Protoplasmas freien Jonen mit den proteïschen Gewebebestandteilen bedingt. Die Leitfähigkeit nimmt nach dem Minimum wieder ziemlich rasch zu, wenn nach dem Tode des Gewebes Spaltungsprozesse in den Protoplasma-Molekülen stattfinden.

3. Auch bei dem durch Erwärmung oder Gefrierung künstlich verursachten Tode der Gewebe kann man eine Verminderung ihrer Leitfähigkeit konstatieren.

4. Die Beobachtungen über die Variationen der Leitfähigkeit der Muskelgewebe in Abhängigkeit von seiner funktionellen Thätigkeit zeigen: a) dafs die nach der Exstirpation zu stande kommende Abnahme der Kontraktilität eines Muskels von einer parallel fortschreitenden Verminderung seiner Leitfähigkeit begleitet ist; b) dafs das Leitvermögen eines Muskels nach einer erschöpfenden Arbeit abnimmt, dann wieder nach einer genügenden Ruheperiode wächst, ohne jedoch den Anfangswert zu erreichen.

5. Während der enzymatischen Gerinnung des Blutes findet eine Abnahme seiner Leitfähigkeit statt, welche vielleicht zunächst von einer chemischen Verbindung zwischen Elektrolyten und Eiweifskörper abhängt, später aber durch die Zusammenziehung des Koagulums und durch die Anhäufung der Fibrinfasern und Blutkörperchen zwischen den Elektroden bedingt wird. Dagegen verursacht die durch die Wärme erzeugte Koagulation des Blutes und des Serums keine Veränderung der Leitfähigkeit. Das Leitvermögen des Blutes, welches sich bei der enzymatischen Gerinnung vermindert hatte, kehrt nach der durch Wärme erzeugten Koagulation zu dem Anfangswerte (des flüssigen Blutes) zurück. Bei den Kurven, welche die Variationen der Leitfähigkeit des Blutserums in Abhängigkeit von der Temperatur darstellen, ist kein der Gerinnung des Serums entsprechender Diskontinuitätspunkt vorhanden.
6. Die Variationen der Leitfähigkeit der Gewebe in Ab hängigkeit von der Temperatur sind verschieden, je nachdem es sich um lebendige oder um abgestorbene Gewebe handelt. Die Kurven, welche sich auf die am Anfang des Versuches schon abgestorbenen Gewebe beziehen, sind sehr einfach und regelmäfsig, überall stetig und zeigen den Typus der Parabeln. Im Gegensatz dazu sind die auf lebende Gewebe sich beziehenden Kurven viel komplizierter und zeigen Diskontinuitätspunkte, wo das Absterben der Gewebezellen auftritt und die Gerinnung der Proteïde beginnt. Nach der Gerinnung steigen die Kurven sehr rasch und werden denjenigen gleich, welche sich auf die schon am Anfang des Versuchs abgestorbenen Gewebe beziehen. Diese Zunahme der Leitfähigkeit mufs man wahrscheinlich darauf zurückführen, dafs die während des Todes des Protoplasmas sich bildenden Verbindungen zwischen Elektrolyten und Proteïden sich wieder lösen, und die mehr oder weniger durchlässigen Diaphragmen sich zerstören.

Litteraturverzeichnis.

Alt u. Schmidt, Untersuchungen über den elektrischen Leitungs widerstand der tierischen Gewebe. Pflügers Archiv 1898, Bd. 53 S. 575.

Jolly, Untersuchungen über den elektrischen Leitungswiderstand des menschlichen Körpers. Strafsburg 1884.

Frey u. Windscheid, Verhandlungen des X. Kongresses für innere Medizin. 1891, S. 377.

Windscheid, Der faradische Leitungswiderstand des menschlichen Körpers. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde Bd. 2 S. 42.

Oker-Bloom, Experimentelle Untersuchungen über das unter Einwirkung des konstanten Stromes stattfindende Eindringen von medicamentösen Stoffen in den Tierkörper. Willmanstrand 1898.

Frankenhäuser, Die Leitung der Elektricität im lebenden Gewebe. Berlin 1898.

du Bois-Reymond, Untersuchungen über tierische Elektricität. Bd. 1 S. 376, Bd. 2 S. 188.

Hermann, Handb. d. Physiol. Bd. 1 S. 87—88.

Ranke, Der galvanische Leitungswiderstand des lebenden Muskels. Ansbach 1862.

Munk, Untersuchungen über das Wesen der Nervenerregung. Bd. 1 S. 198. Leipzig 1868.

du Bois-Reymond, Monatsber. d. Akad. zu Berlin 1856, S. 395.

Kohlrausch u. Holborn, Leitvermögen d. Elektrolyte. Leipzig 1898.

Sabbatani, Determination du point de coagulation des organes animaux. Journal de Physiol. et de Pathol. gén. No. 6. Nov. 1901.

Tietzen-Hennig, Über scheinbar feste Elektrolyte. Wiedemanns Annalen 1888, Bd. 15 S. 467.

Beetz, Wiedemanns Annalen 1885, Bd. 26 S. 20.

Arrhenius, Report of the British Association. 1886, S. 347.

Lüdeking, Leitungsfähigkeit gelatinhaltiger Zinkvitriollösungen. Wiedemanns Annalen 1889, Bd. 37 S. 172.

Levi, Contributo allo studio delle dissociazioni in soluzioni colloidi. Gazz. chim. ital. 1900, Bd. 30, II, S. 64.

II.

Untersuchungen über das viscerale Nervensystem der decapoden Crustaceen.

Von

Dr. **Fil. Bottazzi,**

Privatdocent der Physiologie in Florenz.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der zoologischen Station zu Neapel.)

I. Einleitung. Bibliographische und anatomische Notizen.

Im weiteren Verfolge unserer physiologischen Untersuchungen[1]) über die viscerale Innervation bei den wirbellosen Seetieren beschäftigen wir uns in dieser Abhandlung mit der visceralen Innervation bei den zehnfüſsigen Crustaceen. Die von uns fast ausschlieſslich studierten Tiere waren die Maja squinado als Vertreterin der Brachyuren und der Palinurus vulgaris als Vertreter der Macruren (Hummern), weil sie im Golf von Neapel sehr häufig vorkommen und weil die physiologischen Untersuchungen bei ihnen sich weniger mühsam gestalten.

Diese, im Sommer des Jahres 1900 an der zoologischen Station zu Neapel begonnenen Untersuchungen wurden dann von uns im Sommer des Jahres 1901 fortgesetzt, sie können aber noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

1) Siehe: I. Ricerche fisiologiche sul sistema nervoso viscerale delle Aplisie e di alcuni Cefalopodi. Rivista di Scienze Biologiche, Vol. I, fasc. 11/12, 1899, p. 837—920, con 2 tavole doppie. Siehe auch: Arch. ital. de Biol., 1900, Vol. XXXIV p. 113—143.

Eine kurze die Innervation des Herzens der Maja[1] betreffende Notiz ist schon von uns im vergangenen Jahre veröffentlicht worden; unsere weiteren Beobachtungen werden jetzt hier zum ersten Male dem Drucke übergeben.

Systematische Untersuchungen über das viscerale Nervensystem der Seecrustaceen (Meeresschaltiere) existieren nicht; darauf bezügliche Notizen finden sich übrigens in allgemeinen Aufsätzen, die das Nervensystem der wirbellosen Tiere behandeln. So gibt z. B. Newport[2]) in seinem Werke über die Sphinx ligustris eine den »Lobster« betreffende Abbildung «showing the involuntary or respiratory tract passing in the median line above the motor column (?), which it seems is distinct from the ganglia of the sensitive (?).»

Und Brandt[3]) sagt: «les nerfs stomatogastriques de l'Ecrevisse alimentent .... une partie des pièces de la bouche, l'œsophage, l'estomac et le foie, en un mot les organes de la mastigation et ceux de la chymification.»

Die wichtigsten Untersuchungen sind jedoch diejenigen von Milne-Edwards[4]). Er schreibt auf Seite 181 des XI. Bandes seines grofsen Werkes: «Le système nerveux stomato-gastrique des Crustacés n'a été étudié attentivement que chez les Décapodes,

---

1) Über die Innervation des Herzens von Scyllium Canicula und Maja Squinado. Centralbl. f. Physiol., 30. März 1901, H. 26.

2) Newport, On the nervous system of the Sphinx ligustris. Philos. Transactions, 1834, p. 389.

3) Brandt, Remarques sur les nerfs stomatogastriques ou intestinaux (nervus sympathicus seu nervii reproductorii) dans les animaux invertébrés. Ann. des sciences natur., 1836, 2. série, vol. V, p. 81.

4) H. Milne-Edwards, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux. Paris, Masson 1874, Tom. XI.

V. Audouin et H. Milne-Edwards, Recherch. anatom. sur le syst. nerveux des crustacés. Ann. de sciences natur., 1828, 1. série, Tom. XIV p. 77—102 mit 5 Tafeln.

Dieselben, Note sur le syst. nerv. de Crust. Ann. de scienc. 1830, Tom. XX, p. 181—184.

H. Milne-Edwards, Histoire natur. des Crustacés. Paris, de Roret, 1834. Ein Band Text und einer mit Tafeln. Siehe auch: Lemoine, Recherches pour servir à l'histoire des systèmes nerveux etc. de l'Ecrevisse Ann. d. sc. natur., 1868, 5. série, Tom. IX, p. 99—280; Tom. X, p. 5—54.

où il se compose essentiellement d'une série de petits ganglions placés sur la face supérieure de l'estomac ou dans la région frontale, reliés entre eux par un tronc médian, et mis en communication avec la chaine ganglionnaire générale par des branches anastomotiques, dont les uns naissent des ganglions cérébroïdes, les autres des ganglions mandibulaires situés sur le trajet des connectifs du collier œsophagien sur les côtés de la bouche».

Übrigens ergeben sich, besser als aus irgend einer Beschreibung, der Ursprung und die Verteilung der visceralen Nerven deutlich aus den folgenden beiden schematischen Figuren, die zum Teil dem Atlas von Milne-Edwards[1]), dem von Vayssière[2]) und dem von Howes[3]) entnommenen und einem kleinen Teil nach durch unsere eigenen Beobachtungen ergänzt worden sind.

Wie man aus den Figuren 1 u. 2 (S. 344/5) ersieht, existieren nicht zu unterschätzende Unterschiede zwischen dem visceralen Nervensystem der Maja und demjenigen des Palinurus. Die wichtigsten, welche wir hier andeuten wollen, sind die folgenden:

a) Bei der Maja beschreibt oder zeichnet kein Autor einen N. ventriculi impar, wie er von allen übereinstimmend beim Astacus fluviatilis angenommen wird. Derselbe ist ein Nervenfaden, welcher direkt von der Ganglienmasse über dem Oesophagus abzweigt und den Oesophagus und weiter den Magen erreicht, indem er zuerst isoliert zwischen den beiden Longitudinalcommissuren verläuft, um sich dann mit den Nervenfasern zu anastomisieren, die von diesen Commissuren und von den kleinen commissuralen Ganglien herkommen.

Unsere physiologischen Nachforschungen haben uns den sicheren Beweis geliefert, dafs dieser impare Nerv bei Palinurus vulg. existiert, obgleich sich weder bei den Figuren von Milne-Edwards noch auch bei denen Bronns eine Spur davon

1) a. a. O.

2) A. Vayssière, Atlas d'anatomie comparée des Invertébrés. Paris 1890. Tav. XXIII, Fig. 12: Carcinus maenas.

3) G. B. Howes, Atlas of practical Biology. London 1885. Tav. X Fig. 1: Astacus fluviatilis.

Fig. 1.
Halbschematische Figur, das Nervensystem der Maja squinado darstellend.

G = Ganglienmasse des Cephalo-Thorax.
Nr = Nerven, welche strahlenförmig aus der Peripherie der erwähntenGanglienmasse entspringen.
Nc = Caudaler Nervenstrang, welcher die Fasern enthält, die das Ende des Intestinums innervieren.
Cl = Longitudinale periœsophag. Commissuren.
Ct = Transversale Commissur.
Oes = Oesophagus.
Gs = Ganglion supraœsophageum.
Nœs = Nerven des Oesophagus.
Ndv = N. dorsalis ventriculi.

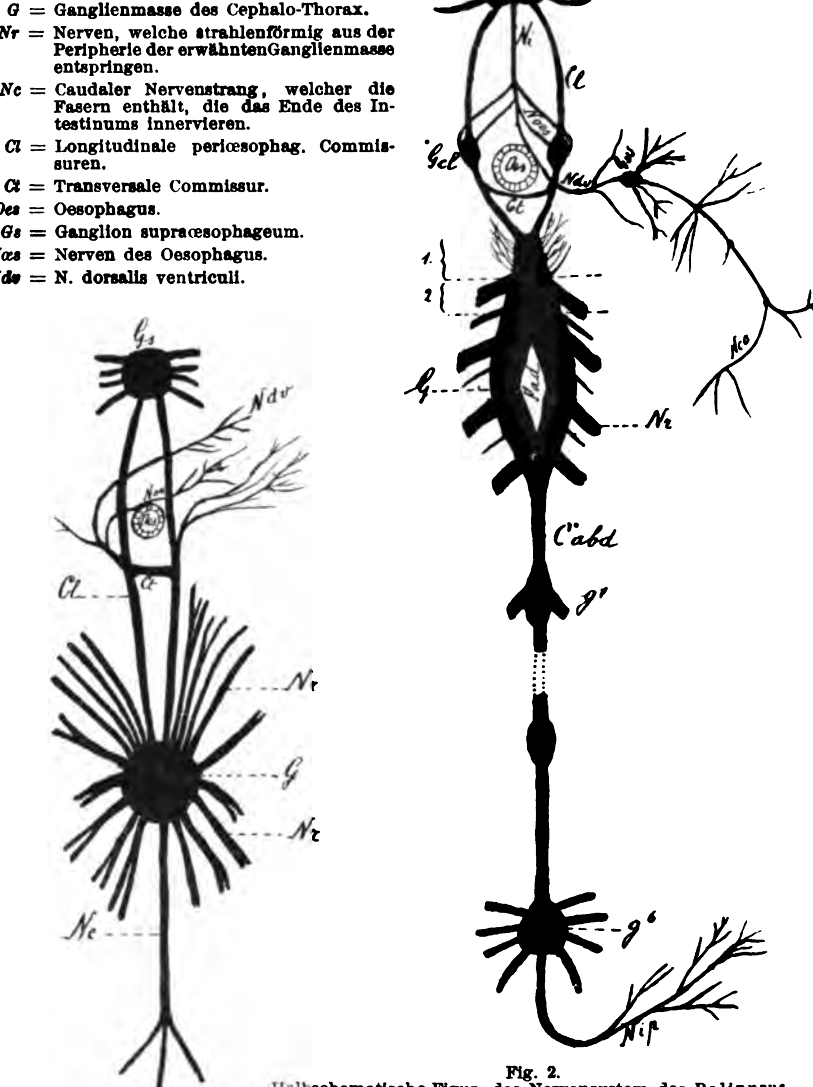


Fig. 2.
Halbschematische Figur, das Nervensystem des Palinurus vulgaris darstellend.

Ni = Imparer Nerv, entstehend aus dem Ganglion supraœsophageum.
Nca = N. cardiacus anterior.
Fad = Loch für den Durchgang der A. descendens.
Nip = N. intestinalis posterior.
Gcl = Ganglien der longitudinalen Commissuren.
Cabd = Catena gangliorum abdominalium.
g^1 = Erstes abdominales Ganglion.
g^6 = Sechstes abdominales Ganglion.
1 = Hemmungsregion.
2 = Beschleunigungsregion der Ganglienmasse des Cephalo-Thorax.
(Wegen der anderen Angaben siehe die vorige Figur.)

findet. Wir werden sehen, von welcher Bedeutung dieser Umstand für die Bewegungen des Oesophagus und genauer gesprochen der Kardialpartie des Magens ist.

b) Da alle Ganglien des Cephalo-Thorax und alle Abdominalganglien zu einer einzigen Ganglienmasse bei der Maja vereinigt sind, so verlaufen bei ihr die zur Innervation des Enddarmes bestimmten Nervenfasern, welche bei den Macruren einen besonderen N. intestinalis posterior bilden, im Abdominal-Nervenstrang, der caudalwärts die Ganglienmasse des Cephalo-Thorax fortsetzt. In der That sprechen sich in Bezug auf diesen Strang bei der Maja die Verfasser der Monographie über die Crustaceen des Werkes von Bronn[1]) folgendermafsen aus:

»Der einfache, gangliöser Anschwellungen entbehrende Abdominal-Nervenstrang (*Nc*) bleibt auch hier bestehen, soll übrigens nach Bouvier gleich von vornherein durch isolierte Nervenfasern gebildet werden.« Da jedoch der Strang nur aus Fasern gebildet wird, so kann man ihn mit Recht N. abdominalis s. caudalis nennen.

c) Ein anderer bemerkenswerter Unterschied zwischen der Maja und dem Palinurus besteht darin, dafs, während bei letzterem die Ganglienmasse des Cephalo-Thorax ein Loch für den Durchgang der Arteria descendens aufweist, dieses Loch bei der Maja fehlt, obgleich Milne-Edwards dasselbe auch beim Carcinus maenas zeichnet. Bei den Macruren geht die A. descendens zwischen den Longitudinalcommissuren durch, welche das III. mit dem IV. Ganglion thoracicum einer jeden Seite verbinden, und teilt sich in die eigentliche A. sternalis und die A. ventralis unter der Ganglienkette. Da beim Palinurus die ganglia thoracica miteinander verschmelzen, so entspricht das Loch dem Zwischenraum zwischen dem III. und IV. Ganglion der anderen Macruren. Bei der Maja hingegen »geht die Arteria descendens nur bis in die Nähe des Bauchmarkes herab, um sich schon oberhalb desselben

1) A. Gerstäcker u. A. E. Ostmann, In Bronns Klassen u. Ordn. Bd. V, Abt. 2. Crustacea. Leipzig 1901, C. T. Winter.

zu spalten«[1]). Sie nähert sich jedoch immer der Ganglienmasse des Cephalo-Thorax soweit, dafs sie dieselbe fast berührt, ein Umstand, auf dessen Betonung wir grofses Gewicht legen im Hinblick auf das, was wir später in Bezug auf den Verlauf der Herznervenfasern vorbringen werden.

II. Persönliche Beobachtungen und Experimente.

Wir haben physiologische Untersuchungen angestellt in Bezug auf das Herz und die verschiedenen Abschnitte des Verdauungsapparates.

Bei den das Herz betreffenden Experimenten haben wir graphische Aufzeichnungen gemacht; bei den anderen haben wir uns auf die einfachen Beobachtungen beschränkt, indem wir sofort die Wirkungen verzeichneten, welche die ausgeübten Reize hervorbrachten.

Letztere waren fast immer elektrischer Art vermittelst des Induktionsstroms und wurden bei den verschiedenen Nervenstrukturen ausgeübt oder direkt an den Organen, deren Bewegungen beobachtet wurden.

Die Präparation der Tiere wurde in jedem einzelnen Falle je nach dem Experimente ausgeführt, welches beabsichtigt war. Der schwierigste Teil der erwähnten Präparation bestand immer darin, das Tier unbeweglich zu machen und die Nervenstrukturen aufzusuchen, welche gereizt oder zerstört werden sollten.

A. Herz.

Sowohl bei der Maja als auch beim Palinurus liegt das Herz fast unmittelbar unter der Schale, an der Rückenoberfläche, während die Gangliengeflechte sich an der Bauchoberfläche des Körpers befinden. Nachdem man beide Teile blofsgelegt hat, während man das Tier in seitlicher Lage unbeweglich festhält, und zwar so, dafs es die Rückenoberfläche und das Herz nach der Seite wendet, auf welcher sich die Apparate zur graphischen Aufzeichnung befinden, und die Bauchoberfläche mit den Ganglien nach der Seite, auf welcher die Apparate zur elektrischen Reizung

1) Bronns Klassen etc., a. a. O. S. 1017.

in Thätigkeit sind, kann man leicht die Herzbewegungen vor, während und nach der elektrischen Reizung dieses oder jenes Ganglions oder Nervs aufzeichnen.

Bei der Maja squinado hat das Herz annähernd die Form, welche Fig. 3 zeigt; die Ganglienmasse des Thorax wird

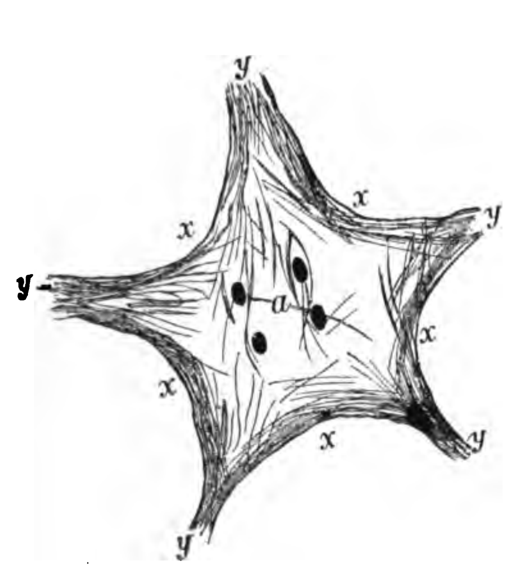


Fig. 3.
Schema eines Herzens von Maja squinado, um die unregelmäfsig polygonale Bildung desselben zu zeigen.
y = Die Punkte, vermittelst welcher es in der Schale befestigt ist.
x = Die Punkte, welche dazu dienten, sie mit dem schreibenden Hebel zur Aufzeichnung der Herzbewegungen in Verbindung zu setzen.
a = Die vier dorsalen Öffnungen zur Verbindung der Herzhöhle mit der Höhle des Herzbeutels.

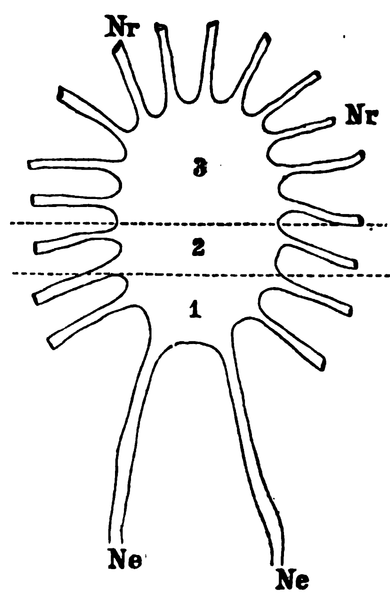


Fig. 4.
Schema der Ganglienmasse des Cephalo-Thorax der Maja, um die Teile zu zeigen, in welche sie vermittelst transversaler Schnitte zerlegt wurde, um die verschiedenen Teile getrennt reizen zu können.
Nr = Strahlenförmig von der Ganglienmasse abzweigende Nerven.
Nc = Longitudinale periœsophag. Commissuren.

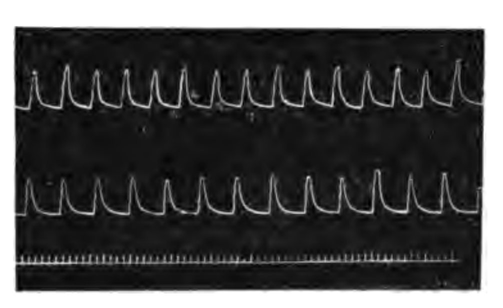
schematisch dargestellt durch Fig. 4; Fig. 5 zeigt ein Stück der Kurve von der motorischen Funktion des Herzens, wie sie nach der gewöhnlichen Suspensionsmethode aufgezeichnet wurde.

Ist das Tier kräftig, die Temperatur der umgebenden Luft nicht zu hoch, und sorgt man dafür, dafs das Organ häufig mit Seewasser angefeuchtet wird, oder noch besser mit Blut von dem

Tiere selbst, so kann die graphische Aufzeichnung der Herzpulsationen viele Stunden lang fortgesetzt werden. Während des Sommers, der die ungünstigste Jahreszeit für derartige Untersuchungen ist, weil alsdann im Laboratorium der physiologischen Sektion der zoologischen Station zu Neapel gewöhnlich eine



I



II III

Fig. 5.
Kurven der Herzbewegungen bei Maja squinado.
I = Beim Beginn der Aufzeichnung.
II = Nach einigen Stunden.
III = Gegen das Ende hin, als die Herzfunktion anfing, schwächer zu werden.
(11. Juli 1900.) Temperatur 25° C. Zeit 1″.

Temperatur von ungefähr 27° bis 28° C. herrscht, gelang es uns dennoch, in gewissen Fällen die Herzbewegungen fünf bis sieben Stunden lang unausgesetzt aufzuzeichnen. Wie vorauszusehen war, werden diese anfangs häufigen und regelmäfsigen Bewegungen mit der Zeit seltener, schwächer und unregelmäfsiger. Die am häufigsten vorkommende Unregelmäfsigkeit besteht darin, dafs die Zusammenziehungen abwechselnd eine höher und eine niedriger sind, während die Häufigkeit des Rhythmus dennoch normal

bleibt, wie man aus Kurve III der Fig. 5 und Kurve II der Fig. 6 ersieht. Periodische Formen haben wir dabei niemals gesehen.

Kein Autor zeichnet unter den anderen visceralen Nerven der Crustaceen einen Nervus cardiacus. Dennoch findet sich hie und da eine Andeutung desselben, wenn sie auch undeutlich und ungenau ist. Folgendes lesen wir z. B. im mafsgebendsten Werke[1]), das wir besitzen: ». . . gibt der N. dorsalis ventriculi hinter dem oberen Magenganglion einen schon von Haeckel gemutmafsten unpaaren N. cardiacus ab, welcher dieselbe Richtung, wie er selbst, nach hinten einschlägt, sich sodann aber dem vorderen Ende des Herzens zuwendet, auf dessen Oberfläche er sich in zwei Aste gabelt«. Die Fasern dieses N. cardiacus würden also zugleich mit denen des N. dorsalis ventriculi vom Ganglion supraœsophageum herstammen oder vom G. ventriculi superius, welches sich, wie Fig. 2 zeigt, am Beginn des N. gastricus befindet. Das physiologische Experiment allein kann definitiv über den wahren Ursprung der genannten Fasern entscheiden. Doch sind dies nicht die einzigen Fasern, welche das Herz der zehnfüfsigen Crustaceen erreichen. Wir werden sehen, dafs andere, und vielleicht viel zahlreichere, vom G. infraœsophageum abzweigen und auch zum Herzen gelangen, indem sie einen anderen Weg einschlagen. Das physiologische Experiment hat uns dieselben enthüllt.

Betreffs der Innervation des Herzens können wir folgendes sagen.

Schicken wir voraus, dafs die direkte, durch einen nicht übermäfsig starken Strom hervorgebrachte tetanische Reizung des Myocardiums der Maja einen systolischen Stillstand des Herzens bewirkt, welch letzteres nach Aufhören des Reizes wieder kräftiger als vorher zu pulsieren beginnt. Was die Zusammenziehung betrifft, so stimmt unsere Beobachtung vollständig mit dem überein, was Straub[2]) im Herzen der Aplysia vor Kurzem beobachtet

1) Bronns Klassen etc. 1901, Bd. V, Abt. 2, S. 916.

2) W. Straub, Zur Physiologie des Aplysienherzens. Pflügers Archiv 1901, Bd. LXXXVI, S. 515.

hat; was ferner auch die darauf folgende Zunahme der Funktion betrifft, so haben wir selbst[1]) eine analoge Thatsache beim Oesophagus der Aplysia beobachtet.

Von der Ganglienmasse des Thorax der Maja scheint nur der vordere Teil Einflufs auf die Bewegungen des Herzens zu besitzen, was man leicht konstatieren kann, wenn man das Ganglion in mehrere Teile zerschneidet und diese jeden für sich allein reizt.

I



II

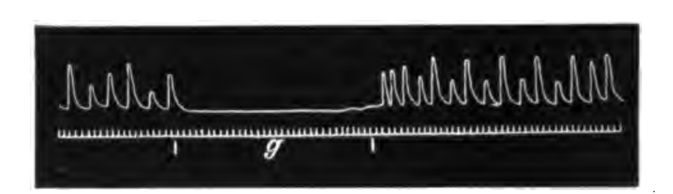


Fig. 6.
Hemmungsstillstand der Herzschläge von Maja squinado, infolge Reizung der Ganglienmasse des Cephalo-Thorax.
I = Reizung der Gesamtganglienmasse bei *G* zwischen den beiden kleinen Vertikallinien, Temperatur 25° C. Zeit 1''.
II = Reizung des Hemmungscentrums bei *g* zwischen den beiden kleinen Vertikallinien.

Die Reizung des ganzen Ganglions hat immer zur Folge Stillstand des Herzens in der Diastole, welches auch die Intensität des wirksamen Reizes sein mag. Wenn man nun das Ganglion vermittelst eines transversalen Schnittes in zwei gleiche Teile teilt und diese beiden Teile einzeln reizt, so beobachtet man konstant, dafs die Reizung der hinteren oder caudalen Partie (3 der Fig. 4) ohne irgend welche Einwirkung auf das Herz bleibt, während die Reizung der vorderen Partie immer Stillstand verursacht (Fig. 6). Die Teilung der Ganglienmasse mufs ungefähr

1) Fil. Bottazzi, Contributions à la physiologie du tissu musculaire lisse. IV. Action des stimulus électriques sur l'œsophage de l'Aplysia etc. Arch. ital. de Biol. 1900, Tom. XXXIII, p. 205.

in der Mitte oder auch weiter nach vorne hin vorgenommen werden. In der Kopfpartie existiert aber aufser einem inhibitorischen auch ein acceleratorisches Centrum, und das haben wir klar erweisen können, indem wir genannte Partie noch einmal transversal in zwei annähernd gleiche Teile zerschnitten. Alsdann beobachtet man, wie von diesen beiden neuen Partien des Ganglions die caudale (2 der Fig. 4), wenn sie gereizt wird, Beschleunigung der Herzschläge bewirkt, und die cephalische (1 der Fig. 4) Stillstand derselben. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dafs der die beiden antagonistischen Innervationscentren des Herzens enthaltende Teil der Ganglienmasse dem G. infraœsophageum entspricht, welches bei den Brachyuren mit den anderen Ganglien des Cephalo-Thorax verschmolzen ist. Nicht nur seine Lage an der proximal gelegenen Stelle, sondern auch die Analogie mit dem, was wir schon von den Herzcentren anderer wirbelloser Seetiere kennen, fordert uns auf, an der Ansicht festzuhalten, dafs gerade in dem Teile der Ganglienmasse, welcher dem G. infraœsophageum der Macruren entspricht, sich die beiden Centren — das inhibitorische und das acceleratorische — des Herzens befinden.

Es fehlt uns an übereinstimmenden Beobachtungen über die Wirkungen der Reizung des G. supraœsophageum bei der Maja; wenn aber die Analogie mit dem, was wir nachher über die Herzinnervation des Palinurus sagen werden, einen Wert hat, so können wir glauben, dafs auch bei der Maja wahrscheinlich ein anderes inhibitorisches Centrum des Herzens im G. sopraœsophageum existiert.

Beim Palinurus unterscheidet sich die Herzinnervation nicht wesentlich von der für die Maja angegebenen. Bei ihm werden ebenfalls die Herzbewegungen durch die hintere Partie der proximal gelegenen Hälfte des grofsen G. thoracicum beschleunigt, durch die vordere dagegen gehemmt. Die Trennungslinie zwischen der auf das Herz einwirkenden und der nicht auf dasselbe einwirkenden Partie würde bei ihm vor das Loch der Arteria descendens verlaufen. Beim Palinurus konnten wir

die Existenz eines anderen Inhibitionscentrums des Herzes konstatieren. Reizt man das Ganglium supraœsophageum oder cerebroïdeum, wie es auch genannt zu werden pflegt, während das Herz kräftig pulsiert, so steht letzteres plötzlich in der Diastole stille und fängt wieder an zu pulsieren, sobald die Reizung aufgehört hat. Durchschneidet man jedoch vorher die beiden periœsophagalen Longitudinalcommissuren, so übt der genannte Reiz keine Wirkung mehr aus, während man den gewöhnlichen Stillstand immer erzielt, wenn man das Ganglium thoracicum reizt.

Nun ist es für uns von Interesse, uns über zwei Fragen Klarheit zu verschaffen: 1. Welchen Weg nehmen die Nervenfasern des Herzens? 2. welche besonderen Merkmale bietet die Hemmung und die Beschleunigung der Herzbewegungen bei diesen Tieren?

Es hält sehr schwer, die peripherischen oder visceralen Nerven bei den Crustaceen zu verfolgen, weil dieselben durchsichtig sind und kaum zu unterscheiden von den mit Blut gefüllten Gefäſsen, mit welchen sie nebeneinander verlaufen. Aus diesem Grunde haben wir das Vorhandensein und den Verlauf der Herzfasern eher aus den Einwirkungen gewisser Operationen als aus der direkten Beobachtung der Nervenfäden gefolgert. Am hinteren Rand des Herzens entspringt eine Arterie, die einen mehr oder weniger ausgesprochenen Bogen beschreibt, zum groſsen nach dem Bauche zu gelegenen Ganglium thoracicum gelangt und hier entweder durch das im genannten Ganglion befindliche centrale Loch geht, um sich auf der unteren Fläche des Ganglion in zwei Arterien, die sternale und die ventrale, zu teilen, oder sich über dem Ganglion teilt, ohne durch dasselbe zu gehen. Nun steigen die vom Ganglion infraœsophageum herkommenden Nervenfasern des Herzens offenbar vom Ganglion thoracicum zum Herzen aufwärts, indem sie längs der Arteria descendens verlaufen. Dies ergibt sich klar aus folgender Thatsache: Wenn wir dieses Blutgefäſs durchschneiden, nachdem wir uns von der hemmenden und beschleunigenden Einwirkung der beiden Gangliencentren überzeugt haben, so übt die Reizung des Ganglions

keinen Einflufs mehr auf die Herzbewegungen aus. Und die beiden Arten von Fasern verlaufen gemeinschaftlich, da der erwähnte Schnitt sowohl die hemmende als auch die beschleunigende Thätigkeit vernichtet. Und weil dann beim Blofslegen der Ganglienmasse leicht die Zerstörung der erwähnten Arterie eintritt, so ist dies der Grund, weshalb es bei schlecht ausgeführten Präparationen und Experimenten oft vorkommt, dafs man die Einwirkung der Reizung des Ganglions auf die Herzbewegungen nicht eintreten sieht. Es gibt aber auch einen Beweis für das, was wir soeben behauptet haben, und zwar besteht er in Folgendem: reizt man das genannte Blutgefäfs an irgend einem beliebigen Punkte seines Verlaufes, so erzielt man stets eine Hemmung der Herzschläge. Diese Einwirkung und die Einwirkung der ausgedehnten Reizung des gesamten Ganglions des Cephalo-Thorax beweisen, dafs in beiden Fällen die hemmende Innervation die andere übertrifft. Aufser der anatomischen Trennung der beiden Centren könnte man nach unserem Dafürhalten mit Hilfe von Giften die Trennung der beiden antagonistischen Einwirkungen erreichen; doch haben wir das bis jetzt nicht ausgeführt.

So viel wissen wir aber, dafs aufser diesem bis jetzt noch von keinem Autor bei der Maja und dem Palinurus beschriebenen Nerv, den wir N. cardiacus posterior nennen können, und dessen Vorhandensein uns das physiologische Experiment bewiesen hat, der andere Herznerv existiert, den wir N. cardiacus anterior nennen können; letzterer ist schon von Haeckel u. a. beschrieben worden. Die Fasern dieses Nervs scheinen ausschliefslich inhibitorischer Natur zu sein und vom Ganglion supraœsophageum, nicht vom Ganglion ventriculi superius herzustammen, da beim Durchschneiden der beiden periœsophagalen Longitudinalcommissuren vor dem Oesophagus jedweder Einflufs der Reizung vollständig verschwindet.

Nach Haeckel hat Mocquart[1]) beobachtet, dafs dieser Nervus cardiacus (anterior) direkt aus dem Ganglion cerebroïdeum

1) Bull. Soc. philom. Paris, 13. Jan. 1883.

entspringt und, der Arteria cephalica folgend, zum Herzen geht. Es hat jedoch nicht den Anschein, als ob dieser Nerv je bei den Brachyuren gefunden worden sei.

An dieser Stelle halten wir es für angezeigt, auf die von Jolyet und Villanes[1]) über die Herzinnervation beim Carcinus maenas gemachten Beobachtungen hinzuweisen. Diese Beobachtungen stimmen in vielen Punkten mit den von uns bei der Maja und dem Palinurus gemachten überein. Die französischen Autoren beschreiben zuerst ein Hemmungscentrum. »Ce centre siège dans la partie la plus antérieure de la masse sous-œsophagienne . . .« Das von uns beobachtete Hemmungscentrum hat gleichfalls seinen Sitz in der vorderen Partie der Ganglienmasse der Maja und des Palinurus, d. h. korrespondierend mit dem eigentlichen G. infraœsophageum. Beim Carcinus aber schliefsen die französischen Autoren jedwedes andere centrum cardiacum aus. »Si l'on détruit — sagen sie — le cerveau et les ganglions œsophagiens . . . les réflexes inhibitoires déterminés par l'excitation d'une branchie ou d'une patte se produisent comme d'ordinaire.« Dies darf uns nicht wundern, da ja das vordere inhibitorische Centrum des G. infraœsophageum intakt bleibt. Die Autoren fügen hinzu: »De même les réflexes d'arrêt restent possibles par l'excitation des téguments céphaliques, si l'on a détruit, au contraire, toute la partie de la masse sous-œsophagienne située en arrière du centre d'arrêt. Ajoutons qu'une simple piqûre pratiquée dans la région indiquée comme centre d'arrêt suffit pour rendre impossible toute action inhibitoire.«

Jolyet und Villanes kennen übrigens die Existenz des bei den Macruren beschriebenen N. cardiacus anterior, und in Bezug auf ihn sagen sie, die Physiologen betrachteten ihn

1) J. Jolyet et H. Villanes, Recherches sur le système nerveux accélérateur et modérateur des Crustacées. Compt. rend. 1892, vol. CXIV p. 189—191. (Die Autoren sagen, sie hätten die Herzpulsationen und die Einwirkungen der Reizungen der Ganglien aufgezeichnet, aber die Arbeit enthält keine Kurven.)

als den ausschliefslich beschleunigenden Nerv des Herzens der Crustaceen. Wir wissen nicht, welche Physiologen sie dabei im Auge haben; so viel ist sicher, dafs sie selbst bekennen, dieser Nerv habe sich beim Carcinus ihren Nachforschungen entzogen. »Ni l'ablation — fügen sie hinzu — du cerveau, ni la section profonde des tissus suivant son trajet présumé, ni l'excitation de ce trajet, n'ont produit, dans nos expériences, des modifications appréciables dans le rythme du cœur.«

Fügt man diesen Worten der französischen Forscher die unsicheren Resultate unserer Untersuchungen bei der Maja hinzu, die wir vorhin andeuteten, so gewinnt die Annahme immer gröfsere Wahrscheinlichkeit, dafs das G. supraœsophageum der Brachyuren gar keine Fasern zum Herzen entsendet, welch letzteres nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Jolyet und Villanes und den von uns gemachten ausschliefslich unter dem Einflufs eines einzigen im G. infraœsophageum gelegenen Hemmungscentrums stände.

Dagegen sprechen sowohl die anatomische Beschreibung eines N. cardiacus (anterior) bei den Macruren als auch unsere physiologischen Beobachtungen sich übereinstimmend zu gunsten der Ansicht aus, dafs bei diesen Crustaceen ein zweites nervöses Hemmungscentrum existiert, welches im G. supraœsophageum liegt, und dessen Fasern in den beiden Longitudinalcommissuren verlaufen würden, ehe sie in den N. ventriculi dorsalis übergingen.

In Bezug auf das acceleratorische Centrum sagen Jolyet und Villanes folgendes: »Le centre accélérateur du cœur a son siège dans le ganglion de la première patte et dans celui de la dernière patte-mâchoire.« Wir verstehen es nicht, wie es möglich ist, da die vollständige Verschmelzung der Thorax-Ganglien beim Carcinus feststeht, diese Ganglien voneinander zu unterscheiden. So viel ist gewifs, dafs, wie bei der Maja und dem Palinurus, so auch beim Carcinus das acceleratorische Centrum hinter dem inhibitorischen liegt. »Les nerfs accélérateurs suivent, pendant un certain trajet, le nerf de la première patte; la section de ce nerf, près de son point d'émergence,

produit, en effet, un ralentissement du cœur, tandis que son excitation détermine l'accélération cardiaque.«

Dafs die acceleratorischen Fasern eine kurze Strecke weit in einem der peripherischen Nerven verlaufen, ist möglich; sie verlassen ihn aber sehr bald, wenigstens bei der Maja, da wir, wie wir nachher weiter ausführen werden, gewöhnlich alle von der Peripherie der Thorax-Ganglienmasse ausgehenden Nerven durchschnitten, ehe wir unsere Experimente beim Herzen begannen, um die Kontraktionen der Muskelmassen der Glieder zu vermeiden, und dennoch beobachteten wir stets die inhibitorische und acceleratorische Wirkung. In betreff des Weges, den die inhibitorischen und acceleratorischen Fasern einschlagen, gestehen Jolyet und Villanes, dafs sie nichts darüber wissen. Sie haben nur gesehen, dafs »dans l'épaisseur des parois latérales de la chambre péricardique rampent deux filets nerveux marchant parallèlement d'avant en arrière, réunis par des anastomoses et qui nous ont semblé atteindre le cœur par sa partie postérieure.« Die Durchschneidung dieser Nervenfasern hätte Langsamerwerden der Herzbewegungen bewirkt und nach der Durchschneidung sei die Reflexbeschleunigung der Herzschläge ausgeblieben. Dies alles ist sehr zweifelhaft und verworren. Dagegen erscheint uns der von uns auf der Basis experimenteller Ergebnisse angegebene Weg als der wahrscheinlichste, um so mehr, als es eine allgemeine Regel ist, dafs die Herznerven sich zum Herzen begeben, indem sie längs des einen oder des anderen der aus dem Herzen direkt oder indirekt entspringenden Hauptgefäfse hinlaufen.

Wir erachten es für angezeigt, auch hier daran zu erinnern, dafs bei den Cephalopoden die inhibitorischen Fasern des Herzens aus dem G. stomacho-œsophageum und dem G. infraœsophageum entspringen, während die verstärkenden und acceleratorischen aus dem G. gastricum hervorgehen, und dafs bei den Aplisiae die cardiomotorischen Fasern (inhibitorische haben wir bei diesen Tieren nie beobachten können) aus den visceralen[1]) (vielleicht auch aus den lateralen) Ganglien herrühren.

---

1) Siehe Bottazzi, a. a. O.

Die von uns beobachtete Hemmung und Beschleunigung könnten wir rudimental nennen. Erstere besteht im einfachen Stillstand des Herzens. Langsamerwerden oder Verkleinerung der Kontraktionen bemerkt man während der Reizung nie, wie schwach letztere auch sein mag; unterhalb eines bestimmten Wertes bleibt die Reizung ganz ohne Wirkung. Hört der Reiz auf, so bemerkt man nie eine allmähliche Rückkehr der Höhen der Kontraktionen noch auch höhere Kontraktionen als vor dem Stillstand; das Herz fängt wieder zu pulsieren an, als ob der Stillstand nicht eingetreten wäre.

Auch die Beschleunigung findet statt, ohne von einer Steigerung der Höhen der Kontraktion begleitet zu sein.

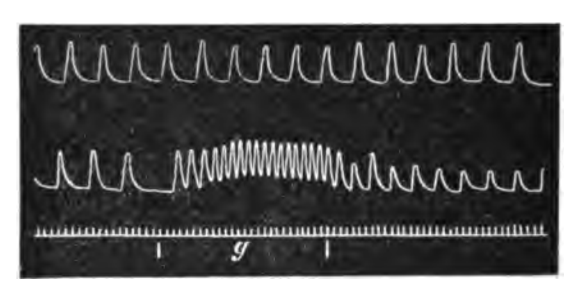
Ähnlich jedoch dem, was wir bei den Landwirbeltieren gewöhnlich beobachten, geht der Beschleunigung ein längerer Zeitraum voraus, während dessen die Erregung latent ist, und es folgt eine successive Einwirkung, die länger andauert als bei der Hemmung.

Mithin würde man von den verschiedenen Einwirkungen der Reizung der beiden Kategorien von Herzfasern die bei den höheren Tieren bekannt sind, nach der Nomenklatur Engelmanns bei den Crustaceen nur die höchste negativ-chronotrope Einwirkung beobachten — d. h. den völligen Stillstand — und die positiv-chronotrope Einwirkung, infolge der Reizung von zwei verschiedenen Centren, welche physiologisch teilweise den Centren des Vagus und des Sympathicus vergleichbar sind.

Bevor man die geschilderten Untersuchungen über die Innervation des Herzensanstellt, mufs man jedoch, wenn man regelmäfsige Kurven erhalten will, alle Gliedernerven durchschneiden, die vom grofsen Thoraxganglion ausgehen. Der Grund liegt darin, dafs, wenn die genannten Nerven unversehrt sind, die Reizung der verschiedenen Teile des Ganglions, abgesehen von den bekannten Bewegungen der Gliedermuskeln, Zusammenziehungen der tiefer gelegenen Muskelmassen verursacht, Zusammenziehungen, welche beträchtliche Lageveränderungen des Herzens erzeugen, so dafs sie

leicht zu Irrtümern verleiten, weil sie dem Anscheine nach so aussehen, als ob sie eigene Bewegungen dieses Organes wären. Man betrachte z. B. Fig. 7. Die Kurve III dieser Figur wurde

I



II



III



Fig. 7.
Beschleunigung der Herzschläge bei Maja squinado, infolge elektrischer Reizung des Beschleunigungscentrums der Ganglienmasse des Cephalo-Thorax, welcher etwas weiter hinten liegt als das Hemmungscentrum.
I und II = Nach Durchschneidung aller Nerven, welche aus der Peripherie der Ganglienmasse entspringen, bei *g* zwischen den beiden kleinen vertikalen Linien.
III = Vor der Durchschneidung jener Nerven.
Temperatur 25° C. Zeit 1″.

vor der Durchschneidung der peripherischen Nerven aufgezeichnet. Die Reizung der mittleren Partie des G. thoracicum der Maja erregte eine bedeutende Beschleunigung der Herzschläge und eine bemerkenswerte allgemeine Erhöhung der cardiographischen Kurve. Nun war aber diese Erhöhung des Tonus des Herzens

überhaupt nur eine scheinbare infolge der Lageveränderung des Herzens, welche durch die Kontraktion der Gliedermuskeln verursacht worden war. Nach Durchschneidung der peripherischen Nerven verschwand die Erhöhung der cardiographischen Kurve in der That vollständig während der aufeinander folgenden Reizungen der Ganglien, und nur die Beschleunigung der Herzschläge zeigte sich immer gleich deutlich wahrnehmbar, wie sich aus den Kurven II und I derselben Fig. 7 ergibt. Auch blieb immer sichtbar eine leichte Erhöhung der Kurve, die man vielleicht wirklich als eine tonische Erhöhung betrachten kann. Übrigens ist dieselbe analog derjenigen, welche man gewöhnlich auch am Herzen anderer Tiere jedesmal beobachtet, wenn die Herzfunktion merklich beschleunigt wird, namentlich wenn das Herz aus dem Zustande der Ruhe dazu übergeht, eine Reihe von Pulsationen auszuführen, wie wir das bei der periodischen Form der Herzfunktion sehen.

B. Verdauungsapparat.

Wir können die Untersuchung der Innervation des Verdauungsapparates nochmals in zwei weitere Abschnitte einteilen: den ersten, der sich auf die Speiseröhre und den Magen bezieht; den zweiten, welcher den eigentlichen Mitteldarm umfaſst mit Einschluſs des Enddarms, d. h. den Teil, der von der Leber bis zur Öffnung des Anus geht.

1. Innervation der Speiseröhre und des Magens.

Bei der Maja erhalten die Speiseröhre und der Magen ihre Nerven vom Ganglion supraœsophageum, zu dessen Gebiet auch die Fühlhörner und die Pedunculi gehören, welche die beiden Photoreceptoren tragen. Dann und wann beobachtet man auch Bewegungen der Speiseröhre und des Magens, wenn man das groſse G. thoracicum reizt; wenn es sich aber auch bei diesen Beobachtungen nicht um eine Diffusion des elektrischen Stromes handelt, so kann man doch mit Sicherheit behaupten, daſs ein solcher Einfluſs des G. thoracicum ein accessorischer ist, vielleicht reflexer Natur, und daſs die Hauptinnervation des vorderen Ab-

schnittes des Verdauungsapparates vom G. supraœsophageum aus stattfindet. Als Beweis dafür dient die Thatsache, dafs nach Durchschneidung der periœsophagalen Connectiven in der Nähe des G. thoracicum die von der Reizung des G. supraœsophageum herrührenden Wirkungen nicht aufhören, deutlich wahrnehmbar zu sein. Die motorischen Fasern gehen durch die vorderen Partien der beiden œsophagalen Connectiven, vermischen sich hierauf mit den Fasern, welche aus den Ganglien der Commissuren entspringen und gelangen zur Speiseröhre vermittelst der Nervi œsophagei, zum Magen durch den N. dorsalis ventriculi, der während seines Verlaufs durch gangliöse Anschwellungen versehen wird. Ob bei der Maja für die Speiseröhre bestimmte Fasern existieren, welche nicht den Weg der Longitudinalcomissuren einschlagen, sondern von der Ganglienmasse aus sich in einem selbständigen mittleren Nervenstrang zum Organ begeben, konnten wir nicht mit Sicherheit entscheiden. An dieser Stelle verdient der Umstand Erwähnung, dafs, während das G. supraœsophageum die eigentliche Mundöffnung und den vorderen Trakt des Verdauungsapparates mit Nerven versieht, die mandibularen Apparate zum Gebiet der zunächst gelegenen Partie der Ganglienmasse des Cephalo-Thorax gehören.

Die Bewegungen, welche man bei der Reizung des G. supraœsophageum eintreten sieht, sind von verschiedener Art. Zuweilen bewirkt die eine gewisse Zeit lang fortgesetzte Reizung eine regelmäfsige rhythmische Bewegung, Öffnung und Verschlufs der Speiseröhre. Das beste Verfahren zur Beobachtung dieser Bewegung schlägt man ein, wenn man den Magen auf der Rückenseite öffnet, während man das Tier seine natürliche Lage auf dem Tische bequem einnehmen läfst und alsdann die Ränder der Membran des Magens derart festhält, dafs sie nicht durch Zurückfallen auf die Öffnung die Besichtigung des Mageninnerns hindern. Doch beobachtet man diese rhythmische Bewegung, welche zuweilen auch noch andauert, wenn die Reizung aufgehört hat, gewöhnlich nur dann, wenn das Organ kräftig und frisch ist; andernfalls erhält man einfache Reaktionen andauernden Öffnens oder Schliefsens. Man nimmt sehr gut

wahr, dafs die innere Haut der Speiseröhre beim Verschlufs sich in Falten zusammenzieht und sich bei der Öffnung mehr oder weniger entfaltet. Peristaltische Bewegungen sind auf der kurzen Strecke der Speiseröhre entweder sehr unbedeutend, so dafs sie leicht der Beobachtung entgehen, oder sie fehlen vielleicht gänzlich.

Dies hängt möglicherweise von der Thatsache ab, dafs die eigentliche Muskulatur der Speiseröhre sehr schwach entwickelt ist. Dafs sie vorhanden ist, findet sich in dem von uns mehrmals citierten Werke verzeichnet, aber in den entsprechenden Figuren sieht man keine Spur davon. »Um diese (Bindegewebsschicht) legt sich dann endlich eine Muskelschicht, welche stellenweise zarte Ausläufer in die Bindegewebsschicht hineinsenden kann, herum.« Wahrscheinlich handelt es sich um eine kreisförmige, die Zusammenziehung der Speiseröhre bewirkende Muskulatur, welche bei dieser Funktion von den als Zusammenzieher der Kardialöffnung des Magens fungierenden Mm. cardiaci anteriores unterstützt wird. Alle diese zusammenziehenden Muskeln gehören zur Kategorie der Musculi intrinseci (Mocquart). Die Erweiterung der Speiseröhre hingegen wird durch Musculi extrinseci bewirkt (Mocquart); dieselben sind die Mm. dilatatores antero-inferiores, posteriores und laterales, aufserdem die Mm. elevatores, welche vielleicht auch als dilatatorische fungieren.

Bei der Maja war es uns nicht möglich, die Zusammenziehung bewirkenden von den Erweiterung der Speiseröhre verursachenden Nerven zu trennen.

Beim Palinurus dagegen konnten wir einige andere Eigentümlichkeiten der Innervation der Speiseröhre entdecken; sie unterscheiden sich übrigens nicht wesentlich von der für die Maja beschriebenen.

Auch beim Palinurus versorgt das G. supraœsophageum die Pedunculi der photoreceptorischen Organe mit Nerven, desgleichen die Fühlhörner, die kleinen Fühlhörner und die Mundöffnung. Bei den Nerven der Speiseröhre konnten wir aber zwei

1) Bronns Klassen etc., a. a. O. S. 969.

Kategorien von Fasern unterscheiden. Die einen, welche durch die periœsophagalen Longitudinalconnectiven und dann durch gewisse von ihnen zur Speiseröhre sich hinziehende Äste verlaufen, bewirken nach erfolgter Reizung kreisförmigen, von Faltenbildung in seiner inneren Haut begleiteten Verschlufs des Organes, die anderen, welche durch den N. ventriculi impar (einen kleinen medianen, von den beiden Longitudinalconnectiven unabhängigen Nerv) gehen, verursachen Öffnung, Erweiterung der Speiseröhre und der Kardialöffnung des Magens. Hier finden wir also ein antagonistisches System, das wahrscheinlich im normalen Zustand die antagonistischen Bewegungen des Verschlusses und der Öffnung der Speiseröhre und des Kardias reguliert; das Centrum dieses Systems befindet sich im G. supraœsophageum. In der That bewirkt wie bei der Maja, so auch beim Palinurus, wenn das Tier kräftig und das Organ nicht ermüdet ist, eine kurze elektrische Reizung des erwähnten Ganglions eine Reihe von abwechselnden rhythmischen Verschlufs- und Öffnungsbewegungen.

Beim Palinurus verursacht gleichfalls die Reizung des grofsen G. thoracicum zuweilen Bewegungen der Speiseröhre; dafs dieselben aber höchst wahrscheinlich reflexer Natur sind, wird durch das folgende Experiment bewiesen. Nachdem wir uns bei einem Tiere von der Thatsache überzeugt hatten, durchschnitten wir die beiden periœsophagalen Longitudinalconnectiven vor der Speiseröhre in nächster Nähe des G. supraœsophageum. Obgleich nun alle anderen Nervenstrukturen intakt geblieben waren, blieb nach dem Schnitte die Reizung des G. thoracicum wirkungslos. Der Reflex hat also seinen Sitz im G. supraœsophageum.

Die Magenbewegungen vollziehen sich hauptsächlich vermittelst der Mm. extrinseci, welche folgende sind: Die Mm. gastrici anteriores, die Mm. g. posteriores externus et internus, die Mm. dilatores antero-superiores, die Mm. dilatatores ventriculi laterales, die Mm. dilatatores ventriculi superiores, die Mm. pylorici laterales et inferiores etc. Musculi intrinseci sind sodann vorhanden in den

Wänden des Magens; sie sind hauptsächlich dazu bestimmt, die kleinen Verschiebungen der in die Magenwandung eingeschlossenen harten Stücke gegeneinander zu bewerkstelligen.

Auch die Innervation dieser verschiedenen Muskeln geschieht vom G. supraœsophageum und von den verschiedenen kleinen Ganglien aus, die im Verlaufe des N. dorsalis ventriculi und seiner Verästelungen zerstreut umherliegen. Die Einzelheiten dieser Innervation sind aber auf experimentellem Wege so schwer mit Gewifsheit nachzuweisen, dafs wir wenigstens einstweilen darauf verzichten mufsten, sie zum Gegenstand spezieller Nachforschungen zu machen.

2. Innervation des Darmes.

Das Hauptmerkmal derselben besteht darin, dafs sie fast vollständig unabhängig ist von der Innervation des vorderen Abschnittes des Verdauungsapparates. Letzterer gehört zum Gebiet des G. supraœsophageum; der hintere Abschnitt dagegen gehört zum Gebiet des grofsen G. thoracicum — bei der Maja — und des Schlufsganglions der Abdominalkette beim Palinurus. Wenn man bei der Maja einen elektrischen Reiz ausübt auf den sog. abdominalen Nervenstrang, welcher vom hinteren Rand des G. thoracicum abzweigt, so erregt man lebhafte Bewegungen des Intestinums und der Afteröffnung; und beim Palinurus beobachtet man solche Bewegungen infolge der Reizung eines kleinen Nervs, der sich vom G. caudale s. VI abdominale zum Enddarme begibt, wo er sich verästelt, indem er gegen die vorderen Abschnitte vorrückt.

Nach Lemoine »nimmt aus dem hinteren Ende des sechsten Hinterleibsganglions zwischen dem letzten Paar der Muskelnerven ein unpaarer Nerv seinen Ursprung, welcher zuerst nach hinten, gegen den After hin verlaufend, später aufwärts steigt, um sich alsbald in zwei Äste zu spalten.[1])«

Die Bewegungen sind jedoch von verschiedener Art, je nachdem sie vom eigentlichen Mitteldarm ausgeführt werden oder vom Enddarm, welch letzterer der Analogie halber »Rectum«

1) Bronns Klassen etc., a. a. O. S. 917.

genannt werden könnte. In Wirklichkeit ist das ganze Intestinum weiter über den Magen bei diesen Tieren gerade und verläuft ohne Windungen. Aber physiologisch können wir den längeren Abschnitt, der von den Leberdivertikeln bis zu einer Entfernung von ungefähr 2 cm von der Afteröffnung geht, von diesem terminalen oder »rectalen« Abschnitt unterscheiden. Der pylorische Abschnitt, welcher vom Magen bis zu den Leberdivertikeln geht, ist sehr kurz, und es ist sehr schwierig, an demselben zu experimentieren, ohne wichtige Nervenstränge zu verletzen, die sehr wahrscheinlich seine Wand mit Nerven versehen.

Das Intestinum medium reagiert also auf die direkten oder indirekten elektrischen Reize — der vorhin erwähnten Nervenstrukturen — durch träge peristaltische Bewegungen, welche zudem schnell erschöpft sind, so dafs es in der Jahreszeit, während welcher wir unsere Experimente ausführten, nicht möglich ist sie oft hintereinander hervorzurufen. Ähnliche unklar peristaltische Bewegungen treten zuweilen auch infolge direkter mechanischer Reize auf, wenn sie nur relativ stark sind.

Eine solche Schwäche der Bewegungen erklärt sich gewifs aus dem Mangel an Muskelelementen. Ja, demzufolge, was in dem von uns öfter angeführten Werke[1]) zu lesen ist, wären diese Elemente überhaupt nicht vorhanden. In der That, auf Seite 973 lesen wir, dafs beim Mitteldarm ». . . folgt hier bei dem Schwund der Muskelschicht auf die Stützmembran (Tunica propria) nach aufsen unmittelbar die mit Kernen versehene Bindegewebsschicht.«

Das »Rectum« dagegen reagiert ganz anders auf Reize. Oft ruft ein kurzer, direkter, mechanischer oder elektrischer Reiz des G. terminale im Endabschnitt des Intestinum einen relativ lebhaften Rhythmus hervor, der sich aus Bewegungen zusammensetzt, die man pulsatorisch nennen möchte, so regelmäfsig und häufig sind sie. Man hat wirklich den Eindruck, als handle es sich um »Pulsationen des Rectums«, die viel häufiger sind als die weiter oben beschriebenen der Speiseröhre. Diese Thatsache läfst sich ebenso gut bei der Maja wie beim Palinurus beobachten.

1) Bronns Klassen etc., a. a. O.

Die andauernde rhythmische Bewegung scheint auch unabhängig zu sein von der Unversehrtheit des Endganglions der Abdominalkette und von dem einzigen G. thoracicum (bei der Maja), sei es nun, weil sie auch hervorgebracht wird durch einfache, direkt auf das Organ ausgeübte Reize, sei es, weil sie auch eintritt, wenn das Intestinum in seinem ganzen Umfange vom Körper des Tieres entfernt wird. Aufserdem dauern diese rhythmischen Bewegungen viel länger als die schwachen peristaltischen Bewegungen des übrigen Intestinums. Während jener Bewegungen öffnet sich die Mündung des Anus weit, und die beiden Chitinplatten, welche ihr beinahe die Gestalt eines Flötenloches verleihen, entfernen sich weit voneinander.

Etwas, diesen rhythmischen Bewegungen Ähnliches wurde schon von W. B. Hardy und W. Mx. Dougall[2]) im Intestinum der Daphnia beobachtet. Auf dem Intestinum bemerkten sie im eigentlichen Sinne «... a constantly occurring peristalsis which consists of waves occurring at regular intervals. These start at the junction of mesenteron and proctodæum and run forwards, ultimately dying away in the liver diverticula.» Wir wollen nicht glauben, dafs eine solche Richtung der peristaltischen Wellen die normale ist, sondern dafs sie vielmehr zum Beweise dafür dient, dafs bei den niederen Tieren die normale Richtung einer peristaltischen Bewegung leicht sich umkehrt.

Was uns aber mehr interessiert, ist, dafs jene Autoren aufserdem beobachteten, dafs «The proctodæum also exhibits a rhythmical movement which consists of peristaltic waves starting from the anus and travelling forwards to the junction with the midgut.» Man beachte auch folgende Stelle der erwähnten Schrift:

«The rhythmic movements of the proctodæum appear to be independent of the central nervous system, for they are maintained long after all signs of life have vanished, and may be shown by the proctodaeum when isolated as completely as possible in normal salt solution.»

---

1) On the structure and functions of the alimentary Canal of Daphnia. Proceed. of the Cambridge Philos. Soc. 1893, vol. VIII.

Diese Fähigkeit, welche der Enddarm besitzt, einen unabhängigen motorischen Rhythmus aufzuweisen, scheint also bei den verschiedenen Tierarten sehr allgemein und weit verbreitet zu sein. Auch das vordere oder Speiseröhrenende besitzt diese Fähigkeit in auffallender Weise, so daſs man sagen kann, die beiden äuſsersten Enden des Verdauungsapparates seien in besonderem Maſse mit der Fähigkeit einer unabhängigen rhythmischen Bewegung ausgestattet — die höchst wahrscheinlich myogener Natur ist — mit einer Fähigkeit, die bei dem Herzschlauch so stark differenziert ist.

III. Schluſsfolgerungen und allgemeine Betrachtungen.

Es dürfte von Nutzen sein, wenn wir an einige der Schluſsfolgerungen erinnern, zu denen wir bei unseren früheren Untersuchungen [1]) in Bezug auf das viscerale Nervensystem der Seegasteropoden und der Cephalopoden gelangten, um dann besser die Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten sehen zu können, welche sie betreffs der visceralen Innervation, mit den decapoden Crustaceen verglichen, aufweisen.

»Das viscerale Nervensystem der Aplysiae bilden die Ganglia stomatooesophagea (s. gastrica), die Ganglia lateralia (pleuralen, protovisceralen) des pericesophagealen Rings und die beiden Ganglia visceralia (die deutovisceralen etc.), welche zu einer anscheinend einzigen Ganglienmasse verschmolzen sind.«

»Die Ganglia stomatoœsophagea entsenden die Nervi salivares und die Nervi oesophagei und gastrici.«

»Die Ganglia lateralia entsenden keine eigenen Nervenstämme, sind aber vermittelst longitudinaler und transversaler Commissuren mit den anderen Ganglien des pericesophagealen Ringes und mit den visceralen Ganglien verknüpft.

»Von diesen letzteren gehen aus die Nervi branchiales I, II und III, der N. genitobranchialis, einer kleiner für das Swammerdammsche Bläschen bestimmter Nerv, der Nervus cardiacus, der Nervus gastro-intestinalis etc.«

1) Bottazzi, a. a. O.

»Zum visceralen Nervensystem gehören auch noch das mit Ganglienzellen besäte weitläufige Nervengeflecht, das in den Wänden des Verdauungsapparates liegt (analog dem Ganglien-nervengeflecht, welches sich in den Wänden des Körpers befindet), aufserdem andere kleine, auf den Eingeweideorganen hie und da zerstreut liegende unbedeutende Ganglien, wie das G. branchiale, die Ganglia genitalia etc.«

»Die Speiseröhre, die Ingluvies und der zunächst liegende Teil des Magens erhalten ihre Nerven von den Nervi œsophagei-gastrici, mithin durch die Ganglia stomato-esophagœa. Die übrigen Teile des Verdauungsapparates erhalten ihre motorischen Nerven vom Ganglion viscerale.«

»Das Herz der Aplysiae erhält motorische Fasern vom linken G. viscerale. Bis jetzt war es nicht möglich, eine inhibitorische Innervation dieses Organs zu entdecken.«

»Die Muskulatur der Branchien gehört zum Gebiet einer komplizierten antagonistischen Innervation; letztere geschieht durch Fasern, die vom G. viscerale ausgehen, es nehmen jedoch auch die Ganglia lateralia daran teil.«

»Auffallend ist es, dafs der Penis und seine Scheide zum Gebiet der Ganglia periœsophagea gehören, während die anderen Geschlechtsorgane vom G. viscerale aus innerviert werden.«

»Das viscerale Nervensystem der Cephalopoden (Octopus macropus, Eledone moschata) besteht aus folgenden Ganglien und Nerven: den G. stomatooesophagea ventralia, welche die Nervi oesophagei und salivares aussenden; den G. visceralia, welche mit den ersteren verknüpft sind und die Nn. viscerales aussenden, die ein ausgedehntes Innervationsgebiet aufweisen; das weitläufige, mit Ganglienzellen besäte Nervengeflecht, welches sich in den Wandungen des Verdauungsapparates befindet, mit dem starken G. gastricum, welches fast sein Centrum bildet, und das G. cardiacum, welches sich längs der Bahn des N. visceralis zusammen mit dem kleinen G. branchiale und dem Branchialherzganglion befindet.«

Die viscerale Innervation der Cephalopoden weist viel gröfsere Unterschiede auf als diejenige der Aplysiae; was aber die

Einzelheiten derselben betrifft, welche wir erläutert haben, so müssen wir der Kürze halber den Leser auf unsere Originalabhandlung verweisen.

Aus diesen unseren Untersuchungen zogen wir sodann die allgemeine Schlufsfolgerung, dafs bei den wirbellosen Tieren noch kein deutlich unterscheidbares sympathisches Nervensystem, ähnlich dem der Wirbeltiere, existiert. Die Ganglien, von welchen die visceralen Nervenfasern ausgehen, unterscheiden sich in keinem wesentlichen Punkte von den anderen, welche zur Innervation der Muskulatur des Körpers und der Organe der Fortbewegung dienen. Oft gehen von einem und demselben Ganglion viscerale Fasern aus, sowie Fasern, welche für die Muskulatur des Körpers bestimmt sind.

Der Fundamentalcharakter des sympathischen Systems bei den höheren Wirbeltieren, wie er sich aus den zahlreichen und äufserst wichtigen Untersuchungen der englischen Forscher Gaskell, Langley etc. ergibt, ist folgender: die visceralen, aus der Cerebrospinalachse herauskommenden Fasern müssen, ehe sie zu den Eingeweiden, für welche sie bestimmt sind, gelangen, durch eine, und zwar nur eine einzige Zellenstation in den Ganglien der Kette des Sympathicus oder anderswo passieren, an welcher sie gewöhnlich die Markscheide verlieren. Wir werden sehen, dafs dieser Charakter sich zum erstenmal bei den Fischen deutlich zeigt und allmählich differenziert sich von den auf niedrigster Stufe stehenden bis zu denjenigen, welche bezüglich ihrer Organisation als weiter entwickelt betrachtet werden müssen. Nun findet sich bei den wirbellosen Tieren von diesem Fundamentalcharakter keine Spur. Die von den Ganglien austretenden Fasern gehen direkt zu den Eingeweiden, ohne andere Zellenstationen zu durchkreuzen. Allerdings sind die Ganglien der Eingeweide mit den anderen Ganglien verknüpft, aber diese Verknüpfungen haben eher Ähnlichkeit mit den intercentralen Verbindungen der Wirbeltiere, ja sogar mit den sympathicocentralen Verbindungen. Vielleicht — gegenwärtig ist uns dies vom physiologischen Standpunkt aus völlig unbekannt — treten die visceralen Fasern in Beziehungen zu den Ganglienzellen des in

den Wandungen der Eingeweide verbreiteten lokalen oder peripherischen Visceralnervensystems, aber dieses System existiert auch bei den Wirbeltieren, bei welchen man glauben kann, dafs dieselben angenommenen Verbindungen mit den postgangliaren Sympathicusfasern zu stande kommen; und bei vielen wirbellosen Tieren findet sich auch ein verwickeltes peripherisches System in den Wandungen des Körpers, das dem visceralen ähnlich ist und höchst wahrscheinlich zu den aus den periœsophagealen Ganglien stammenden Fasern in ähnliche Beziehungen tritt. Zu diesem peripherischen System werden von den Autoren die verschiedenen kleinen Ganglien gerechnet, welche längs des Verlaufes der visceralen Nerven beschrieben worden sind und auf den Wandungen der Organe liegen. Nach unserer Anschauungsweise haben diese kleinen Ganglien mit den Sympathicusganglien der Wirbeltiere nichts zu schaffen, obschon die Nicotinprobe nach Langley bei letzteren im allgemeinen sich als positiv erweist.

Bei den decapoden Crustaceen ist die Differenzierung des visceralen Nervensystems auch noch weniger ausgeprägt als bei den Gasteropoden und den Cephalopoden.

Das viscerale Nervensystem der Crustaceen ist folgendermafsen zusammengesetzt:

1. Das G. supraoesophageum (welches auch Organe innerviert, die nicht zu den Eingeweiden gehören, wie die Fühlhörner und die Pedunculi der Photoreceptoren), und die Ganglienanschwellungen, welche längs der periœsophagealen Longitudinalcommissuren liegen. Von diesen Ganglien gehen aus die rami oesophagei, der N. dorsalis ventriculi, der sich hierauf im N. hepaticus fortsetzt, von welchem kleine Nervenäste auch den Anfang des Mitteldarms erreichen. Weiter kommt auch daher der N. cardiacus, und wahrscheinlich noch Nervenstränge, welche für die Geschlechtsorgane bestimmt sind. Von den längs des N. gastricus und seiner Verästelungen gelegenen kleinen Ganglien vermuten wir, dafs sie als zum peripherischen System gehörig betrachtet werden müssen.

2. Das G. infraoesophageum, welches isoliert oder mit den anderen Ganglien des Cephalo-Thorax verschmolzen ist. Von diesem gehen hemmende und beschleunigende Nervenfasern für das Herz aus, Fasern für die Muskeln der mandibularen Organe und gewiſs auch andere Fasern für die Eingeweide, wenn auch unsere noch nicht abgeschlossenen Beobachtungen deren Vorhandensein noch nicht bis zur Evidenz nachgewiesen haben.
3. Das G. caudale, welches bei den Macruren isoliert, bei den Brachyuren mit den anderen Ganglien in der einzigen Ganglienmasse des Thorax verschmolzen ist, entsendet einen N. intestinalis posterior, welcher die Öffnung des Anus und die Endstrecke des Verdauungsapparates mit Nerven versieht. Genanntes Ganglion innerviert aber auch durch seitlich entspringende Äste die Muskeln des letzten Segments des Abdomen.

Bei den Crustaceen existieren mithin drei viscerale Gangliencentren, eines im G. supraœsophageum, ein weiteres im G. infraœsophageum und ein drittes im G. caudale. Die anderen intermediären der Abdominalkette scheinen keine visceralen Nervenfasern zu entsenden, uns wenigstens ist es nie gelungen, ihr Vorhandensein zu entdecken.

Werfen wir jetzt einen Blick auf die Zusammensetzung des visceralen Nervensystems der Gasteropoden, der Cephalopoden und der Crustaceen, wie wir dieselbe kurz zusammenfassend auf den vorhergehenden Seiten dargelegt haben, so sehen wir sofort, welch bemerkenswerte Unterschiede neben den scheinbaren Ähnlichkeiten bei den bis jetzt von uns studierten wirbellosen Tieren existieren.

Aus dieser vergleichenden Betrachtung ergibt sich eine erste wichtige Folgerung, nämlich diejenige, daſs ähnliche Benennungen gewöhnlich Ganglien beigelegt werden, die ein verschiedenes Gebiet der Innervation beherrschen. So z. B. müſste man das G. supraœsophageum der Aplysiae als mit dem G. stomatogastricum verschmolzen betrachten, weil es groſsenteils in Bezug

auf die Innervation mit dem G. supraœsophageum der Crustaceen Ähnlichkeit haben könnte. Das G. viscerale der Aplysiae enthält Innervationscentren, welche einigen des G. infraœsophageum der Crustaceen analog sind; von diesen gehen aber Fasern für den Kauungsapparat des Mundes aus, welche dem G. viscerale der Aplysiae völlig fehlen. Das G. stomato-œsophageum oder stomato-gastricum der Cephalopoden enthält Fasern, welche die Bewegungen des Herzens hemmen, während die verstärkenden und beschleunigenden, wie es scheint, aus dem G. gastricum kommen, wohingegen beide Arten von Fasern bei den Crustaceen sicher von sehr nahe gelegenen Centren ausgehen, welche in den Ganglien des Cephalo-Thorax liegen.

Diese Betrachtung könnte man noch lange fortsetzen; aber die Schlufsfolgerung, zu der man sicherlich gelangen würde, wäre immer dieselbe von uns im Vorhergehenden angedeutete, nämlich dahin lautend, dafs die oberflächliche Ähnlichkeit der Benennungen, welche die Zoologen den verschiedenen Teilen des nervösen Gangliensystems der wirbellosen Tiere beigelegt haben, Benennungen, die sie aus topographischen Gründen und rein dem Anschein nach gewählt haben, in Wirklichkeit einen gewaltigen Unterschied in Bezug auf die physiologischen Eigenschaften verdeckt. Da aber anderseits unsere physiologischen Kenntnisse noch zu gering sind, als dafs es möglich wäre, eine auf experimentell erlangten Angaben der Funktionen begründete Nomenklatur durchzuführen, so bleibt uns nur der lebhafte Wunsch übrig, es mögen die verschiedenen Nervenstrukturen vorläufig mit indifferenten Namen bezeichnet werden, welche der topographischen Lage einer jeden in Frage kommenden Struktur oder einem anderen äufsern und formalen Merkmal entlehnt sind. Damit würde es verboten sein, im voraus ein Urteil fällen zu lassen über die funktionelle Bedeutung der verschiedenen Ganglien und Nerven der wirbellosen Tiere, ehe es den Physiologen vermittelst der experimentellen Methode gelungen ist, diese funktionelle Bedeutung zu entdecken.

III.

Untersuchungen über das viscerale Nervensystem der Selachier.

Von

Dr. **Fil. Bottazzi,**

Privatdocent der Physiologie in Florenz.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der zoologischen Station zu Neapel.)

(Mit Tafel I und II.)

I. Einleitung.

Die zahlreichen Untersuchungen, welche in den letzten 20 Jahren über das sympathische Nervensystem angestellt worden sind, beziehen sich vornehmlich auf die Säugetiere, weniger auf die niedrigeren Wirbeltiere, noch weniger auf die Fische, deren sympathisches System bis jetzt noch nie der Gegenstand ernstlicher physiologischer Nachforschungen gewesen ist, wenn man von dem Wenigen absieht, was ein Jeder aus seiner Kenntnis der Verteilung der verschiedenen sympathischen Nerven in den Eingeweiden schliefsen kann. Und doch sind die Fische (abgesehen von dem Amphioxus, bei welchem man nichts vom Vorhandensein eines sympathischen Systems weifs) die ersten Tiere, welche ein derartiges mehr oder weniger entwickeltes System aufweisen, und deshalb scheint uns das Studium der Funktionen desselben von hervorragendem Nutzen zu sein für das volle Verständnis der Funktionen des Sympathicus bei den höheren Tieren, bei welchen diese Funktionen ohne Zweifel viel komplizierter sind.

An dieses Studium traten wir heran, nachdem wir zum Teil selbst die viscerale Innervation bei einigen wirbellosen Tieren

(den Gasteropoden und Cephalopoden[1]) sowie den Crustaceen[2]) untersucht und in entsprechender Weise von den Beobachtungen Kenntnis genommen hatten, die andere (namentlich Langley und seine Mitarbeiter) in Bezug auf die Physiologie des sympathischen Nervensystems der höheren Tiere angestellt haben. Vielleicht ist der Zeitpunkt noch nicht herangekommen, in welchem wir die Lehre von der visceralen Innervation aller Tiere in ein System bringen und in einfacher und vollständiger Weise auseinandersetzen können. Aus diesem Grunde wollen wir, wie dies schon bei unsern früheren Abhandlungen über denselben Gegenstand geschehen ist, die theoretische Synthese auf eine spätere Zeit verschieben und uns in dieser Abhandlung damit begnügen, aus den beobachteten Thatsachen vorläufige allgemeine Schlufsfolgerungen zu ziehen, die wir alsdann mit den schon früher von uns selbst und von anderen ausgesprochenen in Einklang zu bringen versuchen werden. Auf diese Weise hoffen wir, die künftige Arbeit der Vereinigung der verschiedenen auf experimentellem Wege erlangten Angaben zu erleichtern.

Bei einer Materie jedoch, mit welcher die Physiologen so wenig vertraut sind, wie es das sympathische Nervensystem der Fische ist, halten wir es nicht für ganz überflüssig, der Auseinandersetzung unserer physiologischen Untersuchungen einen kurzen Abrifs der von verschiedenen Autoren gemachten anatomischen Beobachtungen vorauszuschicken; ohne Kenntnis derselben wäre es auch für uns schwierig, die erwähnte Auseinandersetzung klar und verständlich zu gestalten für diejenigen, welche selbst nie Gelegenheit gehabt haben, die Sektion eines Fisches gründlich vorzunehmen.

Glücklicherweise wird der die Morphologie behandelnde Teil der Vorrede nicht allzulang sein, da sie ausführlicher nur das enthalten soll, was mehr auf die Knorpelfische Bezug hat, die einst-

---

1) Fil. Bottazzi, Ricerche fisiologiche sul sistema nervoso viscerale. I. Ricerche sul sist. nerv. delle Aplysiae e di alcuni Cefalopodi. Riv. di Scienze Biologiche 1899, I, 11/12, p. 837—920, con 2 tavole. Siehe auch: Arch. ital. de Biol. 1900, XXXIV, S. 111—143.

2) Fil. Bottazzi, II. Untersuchungen über das viscerale Nervensystem der decapoden Crustaceen. Zeitschr. f. Biol. Bd. XLIII S. 341.

weilen den einzigen Gegenstand unserer Studien bilden; aufserdem fügen wir in betreff der anderen Fische nur einige Bemerkungen hinzu, die aber unentbehrlich sind zum richtigen Verständnis der Dinge, über welche wir schreiben wollen. Man wird übrigens leicht einsehen, aus welchen Gründen wir unsere Untersuchungen auf die Selachier beschränkt haben, wenn man nur bedenkt, wie wenig sich die gewöhnlicheren Cyclostomen zu physiologischen Forschungen eignen, wie selten die Ganoiden sind, und welche technischen Schwierigkeiten das Knochengerüst und die eigentümliche Lage des sympathischen Gangliensystems der Teleostier dem Experimentieren entgegensetzen. Die Selachier hingegen verbinden mit ihrer weiten Verbreitung in unseren Meeren den Vorteil, dafs sie ein cartilaginöses Skelett sowie ein sehr deutlich ausgeprägtes sympathisches Gangliensystem besitzen, sodann einen weiteren, nicht geringeren, weil man sie in Exemplaren fangen kann von einem Körperumfang, wie er sich für unsere Untersuchungen besonders eignet.

II. Morphologische Bemerkungen über das sympathische Nervensystem der Selachier.

Ohne Rücksicht auf die früheren Autoren[1]) sagt Stannius[2]), bei den Myxinoiden und Cyclostomen »werden bei Mangel eines gesonderten N. sympathicus seine Äquivalente in jenen Wurzel-Elementen gefunden, die, ohne vorgängige Verbindung unter sich, bald einzeln, bald in ihren ursprünglichen Bahnen verlaufend, peripherisch an die sonst von ihm versorgten Gebilde sich verteilen. So nimmt Müller an, dafs bei den Myxinoiden und bei den Cyclostomen überhaupt die anderswo gesonderten sympathischen Elemente für den Tractus intestinalis in dem so auffallend langen und in seiner zweiten Hälfte unpaaren Truncus intestinalis N. vagi eingeschlossen sind.«

---

1) Remak, Über den N. sympathicus der Haifische. Neue Notizen 1837, No. 54. Cit. in Chevrel, siehe später.

2) H. Stannius, Das peripherische Nervensystem der Fische, anatomisch und physiologisch untersucht. Rektorats-Progr., Rostock 1849.

Viele Jahre vergingen nach Stannius' Arbeiten, ehe die Untersuchungen tüchtiger Anatomen sich namentlich dem Studium des visceralen Nervensystems der Fische zuwandten. Folgendes schreibt Julin[1]) in Bezug auf das Petromyzon Planeri am Schlufs seiner Arbeit:

»Les différents viscères renferment dans leurs parois un grand nombre de cellules ganglionnaires, réunies parfois en ganglions (ganglions sympathiques profonds). Ces éléments nerveux sont réunis en un plexus, qui est rattaché, en ce qui concerne le tube digestif et le coeur, à la fois aux rameaux terminaux des preumogastriques et aux nerfs spinaux. Ce sont ces plexus nerveux cardiaque et intestinal, qu'ont bien connu LANGERHANS et OWSJANNIKOW et qu'ils considéraient comme représentant à eux seuls le système nerveux sympathique. Les plexus nerveux des autres viscères ne sont en relation qu'avec des nerfs spinaux, dorsaux et ventraux.

L'étude du développement démontrera si réellement ces plexus nerveux viscéraux naissent d'une façon indépendante du système nerveux central, comme le soutient ONODI[2]). Mais en tout cas, OWSJANNIKOW[3]) a tort de prétendre qu'il n'existe aucune relation entre eux et le système nerveux central.

»Ces plexus nerveux viscéraux sont reliés aux nerfs spinaux par l'intermédiaire de ganglions sympathiques (Ganglions superficiels), situés à droite et à gauche de l'aorte, entre elles et les veines cardinales, et disposés de telle sorte qu'il y en ait généralement une paire pour chaque pair de nerfs spinaux, dorsaux ou ventraux. Les ganglions sympathiques superficiels d'un même côté ne sont jamais unis entre eux par une commissure longitudinale: *Il n'existe donc pas de cordon nerveux sympathique chez*

---

1) Ch. Julin, Recherches sur l'appareil vasculaire et le système nerveux périphérique de l'Ammocoetes (Petromyzon Planeri). Arch. de Biol. 1887, VII, p. 871, 882 u. ff.

2) Onodi, Über die Entwickelung des sympathischen Nervensystems. II. Teil. Archiv f. mikr. Anat. 1886, Bd. XXVI.

3) P. Owsjannikow, Über das sympath. Nervensystem der Flussenaugen etc. Mélanges biol. du Bull. de l'Acad. Impér. des Sciences de St. Pétersbourg 1883, XI.

l'Ammocoetes. Si l'on tient compte de ce fait, que ce cordon se développe toujours secondairement chez tout les Vertébrés, d'après les observations concordantes de BALFOUR et D'ONODI, il devient évident que *la disposition du système nerveux sympathique, réalisée chez l'Ammocoetes, est une disposition primordiale.*

»Enfin les éléments du système sympathique de *l'Ammocoetes* étant en relation tout aussi bien avec les nerfs spinaux dorsaux qu'avec les nerfs spinaux ventraux, il est éminemment probable que les éléments moteurs et les éléments sensibles de ce système sont séparés chez *l'Ammocoetes,* comme ils le sont très probablement aussi dans les nerfs spinaux, les nerfs spinaux dorsaux étant exlusivement sensibles et les nerfs spinaux ventraux exlusivement moteurs«.

Was Julin hier tiefe Sympathicusganglien nennt, haben wir an anderer Stelle[1]) in seiner Gesamtheit mit dem Namen »lokales viscerales Nervensystem« bezeichnet.

Am meisten hat sich aber in der letzten Zeit Chevrel mit dem Sympathicus der Fische (Selachier, Ganoiden und Teleostier) beschäftigt.

In einer ersten Arbeit[2]) behandelt er eingehender die Anatomie des Sympathicus bei den Elasmobranchiern und bei den Teleostiern. Wir halten es für angezeigt, die folgenden historischen Notizen anzuführen, die er bei den alten Autoren aufgefunden hat und wir zitieren dieselben, indem wir ihm die Verantwortlichkeit dafür überlassen.

Remak[3] wäre es nach Chevrel gewesen, der vor Stannius den Sympathicus der Haifische am besten erkannte; nur glaubte er, es existierten keine Aste, welche die Ganglien mit dem Rückenmark verbänden, desgleichen keine für die Branchien bestimmten Äste.

Sodann entdeckte Stannius[4]) u. a. einen zum Eileiter hinziehenden Ast. Er sagt, zwischen den ersten beiden Ganglien,

1) Bottazzi, Ric. sul sist. nerv. visc. delle Aplysiae etc. a. a. O.

2) R. Chevrel, Sur l'anatomie du système nerveux grand sympathique des Elasmobranches et des Poissons osseux. Arch. de Zool. expérim. et générale, Suppl. 1887—90, 2. série, V, p. 1—196.

3) a. a. O. 4) a. a. O.

dem rechten und dem linken, existiere eine transversale Anastomose, die aber kein anderer, nicht einmal einer der neueren Autoren, jemals hat auffinden können. Stannius entdeckte, dafs bei den Haifischen der vordere Teil des Sympathicus fehlt, doch sah er, dafs ein kleiner Ast das erste Ganglion mit einem Ast des Vagus verbindet. Sodann verfolgte er auch Nervenstränge, welche aus dem ersten Ganglion entsprängen und zu den Hoden und zur Aorta gelangten.

»En résumé — schliefst Chevrel — Cuvier a vu le sympathique dans les Raies; Giltay a trouvé dans les Squales un ganglion voisin de l'oesophage, d'où partent des nerfs fins pour les intestins, les nerfs spinaux supérieurs (? B.) et un rameau du vagus; Swan a figuré le sympathique de Raja batis; d'après lui, quelques filets so portent aux testicules, d'autres vers l'aorte; il a remarqué que le tissu qui unit les ganglions et qui lui paraît de nature nerveuse a un aspect différent de celui des nerfs splanchniques[1]); Remak reconnaît le premier que tous les nerfs spinaux portent un ganglion (il eût été plus exact de dire: toutes les artères vertébrales); Leydig découvre que les petits corps[2]) que l'on avait jusque-là considérés comme des coeurs axillaires et des ganglions sympathiques sont des formations analogues aux Capsules surrénales des mammifères; il découvre en même temps les véritables ganglions sympathiques.«

Beschäftigen wir uns nun mit der Beschreibung, welche derselbe Chevrel auf der Basis seiner eigenen Beobachtungen davon macht.

Die Kette des Sympathicus befindet sich auf beiden Seiten der Wirbelsäule im Innern der Vena cardinalis nach der Rückenseite hin, so dafs es nicht möglich ist, ein einziges Ganglion blofszulegen, ohne dafs sich das Tier verblutet. Das I. Ganglion »est suspendu au plafond du sinus de Monro, il est entièrement baigné dans le sang de ce sinus, ainsi que l'a fait remarquer Béraud.« »Une artériole le traverse dans toute sa longueur; il est en outre soutenu par les racines nerveuses qui

1) Darin hat er vollkommen Recht.

2) In Bezug auf die Struktur dieser kleinen Körperchen siehe später.

en partent et par les nombreux tractus de nature conjonctive qui s'attachent d'une part à son bord interne et de l'autre aux parois de la cloison perforée qui sépare les deux sinus.«

In der Sympathicuskette der Haifische lassen sich zwei Gruppen von Ganglien unterscheiden: eine vordere Gruppe, die man leichter blofslegen und dem physiologischen Experiment unterwerfen kann, und eine hintere Gruppe, die tief liegt und aus ganz winzig kleinen Ganglien besteht. Sagen wir es gleich, um dann später ausführlicher darauf zurückzukommen, dafs die vorderen Ganglien in Wirklichkeit Haufen von Ganglienzellen sind, zwischen spezifischen Drüsenbildungen eingeschlossen, welche der Marksubstanz der Nebennieren der Säugetiere homolog sind. Der Ganglienteil und der Drüsenteil bilden miteinander verschmolzen ein jedes von jenen Körperchen, die wie Rosenkranzkörner an den Seiten der Wirbelsäule liegen; diese Körperchen zeichnen sich aus durch ihre starke Neigung, sich in Osmium- oder Chromsäure schwarz-braun zu färben; von einigen werden sie »corpora suprarenalia« (suprarenale Körper) genannt, von anderen »Sympathicusganglien«, doch nur dort, wo beide Bestandteile beisammen sind; und doch würden sie einen anderen Namen verdienen.

Dagegen bestehen die Ganglien der zweiten Gruppe wahrhaft nur aus Nervenelementen und scheinen darum kleiner zu sein, während der Glandularteil, welcher der Rindensubstanz der suprarenalen Körper der Säugetiere[1]) entspricht, hier eine selbständige Bildung darstellt; sein Aussehen ist verschieden, je nach Art und Individuum, er ist demnach getrennt vom Nervenanteil, der in den kleinen Ganglien verteilt ist, welch letztere hier den Namen (hintere oder distale) Sympathicusganglien beibehalten können.

Wegen seiner topographischen Lage, in betreff welcher wir keine weiteren Worte verschwenden wollen, heifst der hintere Glandularteil »corpus interrenale« (oder corpora interrenalia), während jener andere (vordere) »corpus suprarenale« (oder corpora suprarenalia) heifst.

Diese letzteren oder die vorderen Sympathicusganglien, von verschiedener Anzahl und Anordnung, finden sich an Stellen,

1) Siehe später.

wo mehrere Nervenstränge sich kreuzen oder miteinander anastomosieren. Zwischen den gröſseren Körpern bemerkt man längs der Kette hie und da abirrende kleine Knoten, welche mit den anderen vermittelst dünner Nervenstränge verknüpft und so klein sind, daſs sie nur durch die schwarze Reaktion der Osmiumsäure sichtbar werden; sie bestehen nur aus Nervenelementen. Dasjenige Ganglion, welches die häufigsten und gröſsten Verschiedenheiten in Bezug auf Gestalt und Gröſse darbietet, ist das erste Ganglion der Reihe. Nach Chevrel entsteht es aus der Verschmelzung mehrerer kleinerer Ganglien und erhält Wurzeln (präganglionäre Fasern)[1]) von 10, 12 oder 15 Nerven des Rückgrates, während ein jedes der folgenden Ganglien der Regel nach nur eine einzige Wurzel erhält. Über diesen Wurzeln finden sich dann aber auch zerstreut kleine Ganglienknötchen (so daſs nicht alle Wurzelfasern für präganglionär gehalten werden können). »S'il était possible — sagt Chevrel[2]) — d'établir qu'à chaque racine correspond un ganglion, le nombre des racines du premier ganglion indiquerait le nombre de ganglions dont il serait composé. Mais ce n'est pas une question facile à résoudre.« Auch sagt Chevrel »d'autres fois, on ne voit de ganglions ni dans le voisinage, ni dans l'intérieur d'un corps suprarénal, et cependant le rameau communicant existe quand même; il se porte sur le corps suprarénal et ses rameaux vont s'unir à ceux des corps voisins ou se rendent directement aux viscères. Les rameaux communicant se comportent donc différemment suivant le point considéré et compliquent la question au lieu de la simplifier.« Auf jeden Fall ist bei dieser Beschreibung Chevrels die Thatsache bemerkenswert, daſs vom Rücken herkommende Wurzelstränge direkt zu den Eingeweiden gehen, ohne eine Gangliarstation irgendwelcher Art zu durchkreuzen. Doch darauf werden wir später noch zurückkommen.

«Les ganglions formant le 2me groupe — fährt Chrevrel[3]) fort — n'ont jamais été signalés jusqu'ici. Ils sont placés à la face interne et supérieure des reins, en dehors de la membrane

1) Siehe später. 2) a. a. O. S. 39. 3) a. a. O. S. 36.

de la veine interrénale. Leur forme est presque globuleuse; ils sont seulement légèrement aplatis de dedans en dehors et sont ainsi beaucoup moins discoïdes que ceux du premier groupe; leur diamètre varie entre 6 et 8 dixièmes de millimètre. Ce n'est pas seulement leur forme qui les distingue de ceux du premier groupe; ils affectent encore une disposition segmentaire nettement accusée. Chacun d'eux, en effet, correspond à un nerf rachidien et en reçoit une racine. Ils commencent vers l'endroit où se terminent les corps suprarénaux et se continuent à peu près jusqu'au niveau de l'anus, un peu en avant du point où les deux reins se rejoignent. Chez *Scyllium catulus,* nous en avons compté de 10 à 12 de chaque côté.«

Von der ersten Ganglienmasse gehen starke Nervenbündel aus und verteilen sich nach und nach in den Eingeweiden. Chevrel[1]) gibt folgende Beschreibung derselben, mit welcher unsere Beobachtungen im wesentlichen übereinstimmen: »Les faisceaux du nerf splanchnique (so nennt er die Gesamtheit der Nervenstränge, welche aus der ersten Ganglienmasse hervorgehen) accompagnent l'artère intestinale antérieure, l'artère mésentérique et toutes leurs divisions. L'estomac, qui est très riche en vaisseaux, reçoit donc également une quantité considérable de filets sympathiques, sans compter ceux, au moins si nombreux que lui fournit la branche viscérale du pneumogastrique.« Und weiter[2]): »Quelques filets se rendent à la vésicule biliaire. D'autres accompagnent le canal cholédoque dans presque toute sa longueur.« Namentlich jener Teil des Intestinums, welcher die engere Übergangsstrecke von dem weiten Teile des Magens bis zum spiralförmig gewundenen Abschnitt des Darmes umfaſst und von einigen Pylorus oder pylorisches Rohr genannt worden ist, während in seinem mehr distalen Segment der Ductus choledochus und der Ductus pancreaticus münden, »doit donc être également très riche en filets sympathiques.«

---

1) a. a. O. S. 47.
2) a. a. O. S. 48.

Von den Ganglien II, III, IV und V hat Chevrel[1]) kleine Nervenäste ausgehen sehen, die dann eintreten »dans l'épaisseur des parois intestinales et vont innerver la moitié postérieure de l'intestin spiral.«

Bezüglich der Geschlechtsorgane sagt Chevrel[2]), die dafür bestimmten sympathischen Stränge folgten nicht dem Wege der Arterien, sondern gelangten direkt dorthin.

Sodann beschreibt er[3]) Nervenfäden »qui cheminent dans le mésentère et vont se distribuer à la glande anale et à la partie terminale de l'intestin. Ces nerfs proviennent des nombreux petits ganglions appliqués à la partie supérieure de la face interne des reins.«

Indem wir die Anatomie des Sympathicus bei den Teleostiern, bei welchen dieses System einen höheren Grad der Entwicklung erreicht, unberücksichtigt lassen, wollen wir an dieser Stelle berichten, was derselbe Chevrel[4]) bei den Ganoïden beobachtet hat, und noch besser beim Stör als Repräsentanten derjenigen Fische, welche eine mittlere Organisation zwischen den Knorpelfischen und den Knochenfischen besitzen.

1. »La partie céphalique reçoit ses premières racines du *pneumogastrique.* Elle est représentée par un plexus pharyngien dont les rameaux se portent, les uns vers l'aorte et les autres vers les branches du pneumogastrique. Ces derniers accompagnent les arcs branchiaux et les artères épibranchiales, se divisent et s'anastomosent avec les ramifications du pneumogastrique, formant ainsi un *plexus branchial* homologue au plexus pulmonaire des Vertébrés terrestres. D'autres rameaux innervent les *muscles branchiaux*, la veine cardinale antérieure et l'origine de l'aorte abdominale.

2. «La partie abdominale s'étend de chaque côté de la colonne vertébrale. Elle comprend, en avant, plusieurs filets issus du plexus pharyngien; à partir de l'origine de l'artère cœliaque, elle

---

1) a. a. O. S. 49. 2) a. a. O. S. 50. 3) a. a. O. S. 51.

4) R. Chevrel, Recherches anatomiques sur le système nerveux grand sympathique de l'Esturgeon (Acipenser sturio). Arch. de Zool. expér. 1894, 3. série, II, p. 401.

n'est plus représentée que par un filet unique, *onduleux, irrégulier, paraissant formé de bouts placés les uns à la suite des autres.* En arrière de l'artère mésentérique postérieure, les deux troncs latéraux *s'unissent sur la ligne médiane et forment, par leurs anastomoses, un plexus pré-anal.* Les différents filets qui constituent le tronc du sympathique, ou ses ramifications, cheminent dans l'épaisseur même des reins ou, *les plus généralement, à leur face supérieure.* Dans toute l'étendue de la cavité abdominale, mais principalement au niveau de l'origine des artères cœliaque et mésentérique postérieure, le sympathique est en rapport avec les petits corps jaunes, que Leydig a considérés comme étant des capsules surrénales. En outre, soit sur le trajet des nerfs, soit dans leur voisinage, on trouve disséminés irrégulièrements, de petits ganglions *à grosses cellules nerveuses.* Le cordon sympathique reçoit de la branche ventrale de chaque nerf rachidien une racine, ou rameau communicant, longue et déliée; il donne naissance à de nombreuses ramifications. Les unes s'unissent, sur les parois de l'œsophage et de l'estomac aux plus fines branches du rameau viscéral du pneumogastrique pour constituer un plexus stomacal; les autres pénètrent dans la pulpe rénale, ou accompagnent les artérioles intercostales et s'enfoncent à leur suite dans l'épaisseur des muscles latéraux; quelques-unes se perdent à la face inférieure de l'aorte ou dans le repli qui soutient les organes génitaux, et enfin un certain nombre forment, sur les parois de la veine cardinale postérieure, un riche plexus. Toutes ces ramifications sont excessivement fines; mais au niveau de l'origine des principales artères émises par l'aorte dans cette région, il n'en est plus ainsi. La première de ces artères, ou artère cœliaque, est accompagnée, à sa base, de deux gros nerfs issus de plusieurs racines, qui toutes, sauf une, naissent du cordon sympathique droit, l'autre lui étant envoyée par le cordon gauche. Ces deux gros nerfs s'envoient des anastomoses, s'amincissent et se fusionnent en un tronc unique, ou nerf splanchnique, puis se rendent, avec les nombreuses divisions de l'artère, aux divers organs contenus dans la cavité viscérale. La seconde artère, ou artère mésentérique postérieure, est également accom-

pagnée à sa base par deux nerfs, lesquels, à l'inverse de ceux qui forment le nerf splanchnique, naissent par plusieurs racines issues du cordon sympathique gauche, sauf une qui leur est envoyée par le cordon droit. Ces deux nerfs se fusionnent également en un tronc unique, qui reste accolé à l'artère et se bifurque en arrivant à l'intéstin spiral, dans les parois duquel ses ramifications se perdent.

3. La partie caudale naît du plexus préanal. Elle consiste en deux filets qui cheminent, sur la ligne médiane, entre la veine et l'artère caudales. Ils reçoivent des rameaux communicants et envoient des connectifs aux branches ventrales des nerfs rachidiens. Ils s'accolent de place en place ou s'envoient des anastomoses; on peut les suivre jusqu'au tiers environ de la longueur de la queue. En outre, ils se ramifient et leurs ramifications principales, relativement considérables, forment autour de la veine caudale un riche plexus, qui s'étend au moins jusqu'au milieu de la région caudale.«

Nachdem wir der Kürze halber nichts von dem erwähnt haben, was die Teleostier betrifft, erachten wir es für angezeigt, auf gewisse Vergleichungen hinzuweisen, die Chevrel zwischen dem sympathischen System des *Acipenser* und dem der Elasmobranchier einerseits und der Teleostier anderseits anstellt.

Der cephalische Teil, welcher, wie wir gesehen haben, bei den Cyclostomen fehlt, beim Stör »moins étendue que celle des Poissons osseux, en diffère encore par le défaut de coalescence de ses éléments, fibres et cellules. Elle s'en rapproche par ses connections, qui sont, du moins dans la limite où il exerce son influence, identiques du Sympathique des Poissons osseux«.

Und an anderer Stelle: »La partie caudale du Sympathique de l'Esturgeon présente donc, à son origine, les mêmes caractères que celle du sympathique des Osseux; mais elle en diffère notablement par l'absence de ganglions, par la faible étendue, et surtout par le plexus qu'elle forme autour de la veine caudale«.

Was die abdominale Partie des Sympathicus beim Stör betrifft, so zeigt sie in ihrer Gesamtheit »les mêmes caractères que celle des Elasmobranches; mais elle en diffère par l'asym-

métrie des capsules surrénales et leur dépendance moins étroite vis-à-vis du système artériel, par l'absence d'un gros ganglion nerveux à l'origine du nerf splanchnique, par la présence, en avant de la plus grosse capsule surrénale, d'une partie du cordon latéral constituée par trois ou quatre filets réunis en réseau, par la tendance que montre sa partie moyenne à ne former qu'un cordon unique, ce qui la rapproche un peu du sympathique des Osseux, et enfin par la fusion en un plexus terminal, s'étendant jusqu'à l'anus, de la partie postérieure des deux cordons latéraux«.

Bemerkenswert ist sodann Chevrels Ansicht, dafs »le système sympathique de l'Esturgeon dérive de celui des Elasmobranches dont il conserve le facies; mais il présente un développement plus considérable et une disposition plus parfaite S'il ne rappelle pas encore celui des Poissons osseux, il montre une tendance évidente à l'imiter. C'est un système de transition ayant peu de caractères propres, n'ayant déjà plus tous ceux du sympathique des Elasmobranches et ne possédant qu'un petit nombre de ceux qui caractérisent celui des Poissons osseux.«

Bei den Leptocardiern (Amphioxus) ist das sympathische System, wie Chevrel sagt, noch nicht entdeckt worden; vielleicht wird es äufserst einfach sein und aus einer kleinen Anzahl an der Oberfläche des Intestinums verlaufender Nervenstränge bestehen.

Bei den Cyclostomen ist nur der abdominale Teil des Sympathicus vorhanden, und nach den Beobachtungen Juliens[1]) sind sie noch nicht miteinander durch Longitudinalstränge verknüpft, so dafs man im eigentlichen Sinne des Wortes von der Existenz eines sympathischen Strangs bei diesen Tieren nicht sprechen kann. Die Ganglien sind isoliert, wie beim Embryo der höheren Wirbeltiere und, was der Erwähnung wert ist, sie erhalten die Wurzeln, d. h. die weifsen Äste abwechselnd bald von den ventralen Wurzeln, bald von den dorsalen der N. N. spinales.

---

1) a. a. O.

Bei den Elasmobranchiern, Ganoiden und Teleostiern vervollkommnet sich das sympathische System immer mehr und mehr, d. h. es nähert sich in seiner Organisation demjenigen der höheren Wirbeltiere.

Lassen wir jetzt die Ganoiden und Teleostier beiseite, da sie nicht den speciellen Gegenstand unserer Untersuchungen bilden; für uns ist es jetzt von Wichtigkeit, zu erfahren, welche Ausdehnung die Sympathikuskette bei den Selachiern erreicht.

Nach Chevrel kommt die zunächst gelegene Sympathicuswurzel vom III. oder IV. N. rachideus her, während sie beim Ammocoetes vom XXXV. Nerven herkommt. Dies beweist, wie merklich die vordere Ausdehnung des Sympathicus vom Ammocoetes bis zu den Selachiern zugenommen hat.

Die hintere oder caudale Grenze, über welche hinaus vom Rückenmark keine visceralen Fasern mehr ausgehen, ist von Chevrel nicht festgesetzt worden. Wir unsererseits haben beobachtet, dafs ungefähr in gleicher Höhe mit den Nerven XLV—XLVIII die Fasern entspringen, welche das Rectum und die Kloake versorgen, und in gleicher Höhe mit den Nerven LX—LXX diejenigen, welche die Begattungsorgane versehen, die wirklich im strengsten Sinne des Wortes nicht mehr als viscerale Organe betrachtet werden können, obschon sie zu visceralen Funktionen dienen. Wir können jedoch den Fall nicht ausschliefsen, dafs aufser diesen Rückgratssegmenten auch noch andere viscerale Fasern abzweigen.

Struktur der suprarenalen Körper, Ganglien des Sympathicus etc.

Was die Struktur dieser Bildungen betrifft, so will ich mich an die neuesten Forschungen halten. Diamare[1]) sagt, die suprarenalen segmentalen Körper »stammen wirklich vom Sympathicus her, ja sie sind ein integrierender Bestandteil desselben . . . .« Er setzt die Unterschiede fest zwischen suprarenalen Körpern und interrenalem Organ, indem er bemerkt »im

1) V. Diamare, Ricerche intorno all'organo interrenale degli elasmobranchi ed ai corpuscoli di Stannius dei teleostei. Memorie della Società ital. de Scienze, detta dei XL, 3. ser., tom. X, 1896.

Parenchym des interrenalen (Organs) existieren keine eigentlichen Nerven, sicherlich keine Sympathicusganglien . . .« und erklärt, das interrenale Organ sei »eine wahre Gefäfsdrüse«[1], welche die Bedeutung und natürlich auch die Funktion einer Nebenniere hat.« Die sog. »Stanniusschen Körperchen« der Teleostier sind, nach Diamare, »wie das interrenale Organ der Elasmobranchier ausgebildet« und zeigen, wie dieses, keine Beziehung zum Sympathicus, »ausgenommen die der Contiguität und der einfachen Innervation.«

Nach Diamare hat Swale Vincent[2]) sich mit ähnlichen Fragen beschäftigt und gelangte dabei zu folgenden allgemeinen Schlufsfolgerungen, die ich einem seiner Werke entnehme:

1. »In Elasmobranchs the interrenal body is totally distinct and separate from the segmental bodies and there is a kind of connection between them.« Damit bestätigt der Verfasser, was Diamare vor ihm gesagt hat.

2. »The yellow bodies scattered in the Sturgeous kidney are the true suprarenals of Ganoids and correspond to the interrenal of Elasmobranchs and the suprarenals of Téleosts.«

3. Die suprarenalen Körperchen, welche Zellen mit nicht wohl bestimmten Umrissen enthalten (in einer Anmerkung fügt der Autor hinzu solche Umrisse gesehen zu haben), »having such a different structure from the interrenal, are almost certainly different both morphologically and physiologically.«

Der am meisten in die Augen fallende morphologische Unterschied besteht in der Thatsache, dafs die suprarenalen Körperchen einen Ganglienanteil sympathischen Ursprungs enthalten, der bei dem interrenalen Körper fehlt; der physiologische Unterschied

1) Bedeutet wohl eine Drüse mit innerer Sekretion.

2) Swale Vincent, Contributions to the comparative anatomy and histology of the suprarenal capsules. The suprarenal bodies in fishes, and their relation to the so-called head-kidney. Transact. of the Zool. Society of London 1897, XIV, Part. 3, p. 41—84.

Derselbe, On the morphology and physiology of the suprarenal capsules in fishes. Anat. Anz. 1897, Bd. XIII, p. 39—48.

Swale Vincent and W. E. Collinge, On the so called suprarenal bodies in cyclostomata. Anat. Anz. 1896, Bd XII, No. 9—10.

besteht darin, dafs dieser der Marksubstanz entspricht, jene der Rindensubstanz der Nebenieren der höheren Wirbeltiere.

4. »I find (fährt Swale Vincent fort) that, apart from definite ganglia, nerve fibrils are not more abundant in these organs (den suprarenalen) than in glandular structures generally (»interstitial plexuses«). In fact, in my opinion, the significance of the relations of the paired suprarenals to the sympathetic, has been much overstated; their relation to the vascular system is probably much more important.« Wir sind nicht der Ansicht, dafs die Nichtauffindung eines aufserordentlichen Reichtums an Nervenfasern in der Drüsenpartie der suprarenalen Körperchen eine Schwierigkeit bilde, ihre engen Beziehungen zum Sympathicus zuzugeben.

Was die Herkunft der Drüsenelemente betrifft, so gibt Swale Vincent nicht zu, dafs dieselben umgestaltete Ganglienelemente seien; auch mir erscheint die Möglichkeit dieser Annahme als eine sehr geringe.

5. Auch physiologisch hat Swale Vincent bewiesen, dafs die suprarenalen Körper der Elasmobranchier der Marksubstanz der Nebennieren der Säugetiere entsprechen, der intrarenale Körper der Elasmobranchier dagegen und die suprarenalen Körper der Teleostier (wie auch diejenigen der Ganoiden) der Rindensubstanz der Nebennieren der Säugetiere. In der That hat er gefunden, dafs ein Extrakt der ersteren bei der Kröte Zusammenziehung der Gefäfse bewirkt, während ein Extrakt der zweiten ohne Einwirkung bleibt.

Vor kurzem hat G. C. Huber[1]) die sympathischen Ganglien der Fische eingehender untersucht. Wir sehen vollständig ab von den cytologischen Einzelheiten, die der Leser im Original einsehen kann; uns interessiert nur, das zu berichten, was auf die Merkmale der zu jedem Ganglion gelangenden oder von ihm ausgehenden Nervenfasern Bezug hat. Der Verfasser sagt: »The neuraxis arises from a coneshaped extension of the cell body ... In the neighborhood of the cell the neuraxis is non-medullatet;

1) G. C. Huber, A contribution to the minute anatomy of the sympathetic ganglia of the different classes of vertebrates. Journ. of Morphology 1899, XVI, p. 33 u. ff.

wether at some distance from the cell it becomes surrounded with a sheath of myelin, I have been unable to determine.« Und weiterhin: »In sections, a large number of medullated fibres are seen . . . *Many of them pass through the ganglion without giving off any branches*. . . . »Und wiederum später: »The medullated fibres ending in the pericellular plexuses may now and then be traced into some nerve not coming to the ganglion; their further course has not been ascertained.« Doch sagt der Verfasser, er habe auch amyelinische Fasern gesehen: »The non-medullated fibres seen in the ganglia are no doubt, to a large extent, the neuraxes of the sympathetic cells, constituting the ganglia . . . .«

Nach Huber kämen also zu den Ganglien Markfasern, offenbar spinalen Ursprungs, welche »präganglionäre Fasern« wären; andere Markfasern durchkreuzten einfach die Ganglien und gingen ohne Unterbrechung weiter zu den Eingeweiden, natürlich ohne die Markscheide zu verlieren; endlich andere entsprängen aus den Ganglienzellen, von welchen der Verfasser nicht deutlich sagt, ob sie alle amyelinisch seien, obschon er versichert, die nicht markhaltigen Fasern, welche man in den Ganglien sehe, kämen aus den Zellen der letzteren her. Ja, an anderer Stelle schreibt er sogar: »The neuraxes of sympathetic cells may be medullated throughout, medullated for only a portion of the process, or non medullated throughout; the medullary sheath, if present, forms a relatively thin layer, thinner than in the small medullated cerebrospinal fibres (Kölliker).« Nun sind nach unseren Beobachtungen bei den Elasmobranchiern, wenn nicht alle, doch gewifs der gröfste Teil der »postganglionären Fasern« markhaltig. Wenn man aber auch die Behauptung Hubers berücksichtigt, dafs nämlich markhaltige spinale Fasern durch das Ganglion gehen können, ohne darin die Markscheide zu verlieren, so bleibt doch immer die Thatsache bestehen, dafs die deutlich wahrnehmbaren postganglionären Nervenäste des ersten Ganglions, welche Chevrel »splanchnische« nennt, weil sie sich direkt zu den Eingeweiden begeben, fast ausschliefslich aus markhaltigen Fasern gebildet sind. Da nun die Fasern dieser Äste ohne Zweifel

weit zahlreicher sind als diejenigen, welche, wie es scheint, durch die verschiedenen radicolaren Nervenstränge zu den Ganglien gelangen, so folgt daraus mit Notwendigkeit, dafs man zugeben mufs, der gröfste Teil der aus den Ganglienzellen herstammenden Fasern sei markhaltig. Übrigens haben wir uns auch leicht davon überzeugt, dafs der gröfste Teil der im Ganglion verlaufenden und der aus demselben austretenden Fasern offenbar markhaltig ist, nachdem Herr Dr. Diamare uns in liebenswürdiger Weise gestattet hat, verschiedene seiner Präparate von Ganglien der Haifische unter dem Mikroskop zu betrachten; man sieht bei diesen Präparaten interessante cytologische Einzelheiten, welche Diamare bald veröffentlichen wird (vielkernige Ganglienzellen, eingekapselte Zellennester etc.).

Schliefslich haben wir noch einige Erscheinungen der mikroskopischen Anatomie der Eingeweideorgane zu erwähnen, welche Gegenstand unserer physiologischen Untersuchungen waren.

Was die Speiseröhre betrifft, so ist bekanntlich[1]) bei den Selachiern die Muskulatur vorwiegend eine kreisförmige und quergestreifte. Bei der Raja asterias und bei der Torpedo marmorata existiert eine dünne äufsere Haut aus longitudinalen (glatten) Mukelzellen und eine zweite innere aus kreisförmigen Zellen, aber im Vergleich mit der dicken, mittleren kreisförmigen und gestreiften Haut haben sie wenig zu bedeuten.

Im Magen und im Intestinum der Selachier hingegen ist die Muskulatur ausschliefslich eine glatte und vorwiegend kreisförmige, im Gegensatz zu dem, was man vom Intestinum der Tinca vulgaris weifs, bei welcher schon früher Reichert (1841) und Stannius (1846), in neuerer Zeit R. du Bois-Reymond[2]) das Vorhandensein einer quergestreiften Muskulatur gefunden haben. In Übereinstimmung mit der Struktur dieser

1) A. Oppel, Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere. II. Teil: Schlund und Darm. Jena 1897, S. 42 etc.

2) R. du Bois-Reymond, Über die gestreiften Muskeln im Darm der Schleie. Verhandl. d. physiol. Ges. zu Berlin. Archiv f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt. 1890, S. 176—177.

letzteren stände die von du Bois-Reymond beobachtete Thatsache, dafs »spontane Zuckung des Darmes nie beobachtet worden ist.« Ferner glaubt der genannte Autor in einer anderen bemerkenswerten Thatsache Verwandtschaft des Muskelgewebes im Intestinum der Tinca mit dem glatten Muskelgewebe gefunden zu haben, trotzdem jenes quergestreift ist. Wie er sagt, enthält das Extrakt der quergestreiften Muskeln einen bei 47°C. koagulierbaren Eiweifskörper, der den glatten Muskeln fehlt, deren wäfsriges Extrakt erst bei 56—57°C. anfängt, sich zu trüben. Nun würde den Beobachtungen du Bois-Reymonds zufolge jener Eiweifskörper auch den Eingeweidemuskeln der Tinca fehlen, und dies würde ein Merkmal bezeichnen, welches diese mit den glatten Muskeln gemeinsam hätten. Dieser Beweisgrund hat jedoch keinen Wert mehr, nachdem die übereinstimmenden, von Velichi[1]) und im physiologischen Laboratorium zu Florenz[2]) angestellten Untersuchungen nachgewiesen haben, dafs auch die glatten Muskeln einen bei 45—46°C. koagulierbaren Eiweifskörper enthalten. Ganz andere Ähnlichkeiten hat das quergestreifte Muskelgewebe der Speiseröhre der Selachier mit den glatten Muskeln; diese Ähnlichkeiten sind physiologischer Natur, wie wir später sehen werden.

Vom Ductus choledochus sagt Oppel[3]) nur, dafs in ihm »auch glatte Muskeln vorhanden zu sein scheinen«, wie bei der Raja und der Torpedo; und weiterhin »die Gallenblase ist in morphologischer Hinsicht als ein stark modifizierter Gallengang zu betrachten (Wiedersheim).«

Auch wir haben uns ein wenig mit der Innervation jener seltsamen Organe[4]) beschäftigt, die gewissen männlichen Selachiern

---

1) J. Velichi, Zur Chemie der glatten Muskeln. Centralbl. f. Physiol. 1899, Bd. XII, S. 351.

2) F. Bottazzi, Sulla composizione chimica dei muscoli lisci. Rendic. dell'Accad. medico-fisica fiorentina. Lo sperimentale 1901, LV, p. 146. Siehe auch: Derselbe, Zur Chemie der glatten Muskeln. Centralbl. f. Physiol. 1901, Bd. XV, S. 36.

3) A. Oppel, Lehrb. der vergl. mikroskop. Anatomie der Wirbeltiere. III. Jena 1900.

4) Betreffs der Bibliographie siehe später.

angehören und sicherlich zur Begattung dienen, weshalb sie von Petri »Begattungs- und »pterigopodische Organe«, von Jungersen »geschlechtliche Anhänge« und von Huber »Begattungsglieder« genannt wurden. Wir halten es aber für passender, einige Hinweise auf ihre Organisation bis dahin zu verschieben, wenn wir von ihrer Funktion und Innervation sprechen werden.

III. Physiologische Untersuchungen.

Die Organe, deren Bewegungen und Innervation wir studiert haben, sind: das Herz, der Verdauungsapparat in seinen verschiedenen Teilen — Speiseröhre, Magen, mittleres Intestinum, Endpartie des Intestinums —, die Gebärmutter der Torpedo, die Begattungsorgane der männlichen Haifische; auch haben wir einige Beobachtungen über den Kiemenapparat angestellt.

Führen wir nun hier in Kürze die von uns benutzten Hilfsmittel an, sowie die Ergebnisse, welche wir bei den Untersuchungen der verschiedenen Eingeweide erzielt haben.

A. Herz.

Bezüglich der Bewegungen und der Innervation des Herzens der Selachier kennen wir keine anderen Arbeiten aus neuerer Zeit als diejenigen von A. Kreidl[1]) und W. Straub[2]). In ersterem gibt der Verfasser genau an, welches die Hemmungsfasern des Herzens bei der Torpedo marmorata sind unter den vielen, welche die Gesamtheit der Wurzelbündel der NN. glossopharyngeus und accessorius bilden: es sind die äufsersten caudalen Fasern unter allen jenen Wurzelfasern, welche den Vagus-accessorius ausmachen, gerade wie bei den Säugetieren. Im zweiten studiert Straub hauptsächlich die Einwirkung des Antiarins und des Strophantins auf das Herz verschiedener Selachier; er streift aber auch hie und da einige Fragen der nor-

1) A. Kreidl, Über den Ursprung der Hemmungsnerven des Herzens bei Fischen. Pflügers Archiv 1899, Bd. LXXVII, S. 196. Die Arbeit enthält keine Kurven.

2) W. Straub, Toxikologische Untersuchungen an Selachierherzen. Zeitschr. f. Biol. 1901, Bd. LXII, S. 363.

malen motorischen Funktion des Organs, mit welchen wir uns später beschäftigen müssen. Obgleich die Arbeit von Straub nichts enthält bezüglich der Innervation des Herzens, so enthält sie doch zahlreiche graphische Kurven.

Vor ihm jedoch haben wir selbst in einer vorläufigen Mitteilung[1]) drei Kurven von der motorischen Funktion des Herzens bei Scyllium canicula veröffentlicht, in welchen aufser dem normalen Verlauf der Herzkontraktionen in gewissen Momenten seines Schlagens am überlebenden Organ der Einflufs der Reizung des Vagus und des ersten sympathischen Ganglions dargelegt wurde.

Mit den beiden folgenden Citaten aus dem anatomischen Gebiet findet die Litteratur ihren Abschlufs, welche sich mit den uns hier interessierenden Fragen in Bezug auf das Herz der Selachier beschäftigt.

Julin[2]) beschreibt genau in seiner Arbeit über den Ammocoetes gewisse Ganglien, von welchen für das Herz bestimmte Nervenstränge ausgingen. Chevrel[3]) gesteht, dafs er nie sympathische Herznerven beobachtet habe, in folgenden Worten: »malgré des recherches nombreuses, il m'a été impossible de découvrir les nerfs sympathiques cardiaques dans les divers types de Poissons.« Wir werden bald sehen, welche Resultate die physiologische Untersuchung uns geliefert hat.

Bemerkungen über operative Technik.

Um die Bewegungen des Herzens zu verzeichnen und gleichzeitig diese oder jene centrale oder peripherische Nervenstruktur zu reizen, war eine lange Präparation des Tieres erforderlich, die in folgender Weise vorgenommen wurde.

Zunächst wurde auf einer mehr oder weniger langen Strecke die Medulla oblongata und das Rückenmark des noch lebenden Tieres blofsgelegt, welch letzteres so unbeweglich als möglich von einem Assistenten festgehalten wurde, und es wurde dergestalt operiert, dafs die Nervensubstanz nicht im geringsten verletzt

1) F. Bottazzi, Über die Innervation des Herzens von Scyllium canicula und Maja squinado. Centralbl. f. Physiol. Bd. XIV, H. 26, 30. März 1901.

2) a. a. O. 3) a. a. O.

verletzt werden konnte. Hierauf wurde mit raschem Schnitt die Oblongata von dem Rückenmarke getrennt; beide wurden sodann mit einer Schicht von Baumwolle bedeckt, die mit Meerwasser durchtränkt worden war. Dann wurden die Vagusstämme auf beiden Seiten in einer Ausdehnung von 4—5 cm, von der Oblongata aus beginnend, isoliert und bloſsgelegt. Zuletzt wurde, damit die unvermeidliche vollständige Verblutung des Tieres sich so lange als möglich verzögere, und als alles zur graphischen Aufzeichnung der Herzbewegungen bereit war, schnell ein weites Fenster, entsprechend der Höhlung des Pericardiums, angelegt und das Herz bloſsgelegt; unmittelbar darauf wurden die beiden Kardinalvenen der Länge nach eröffnet und die beiden ersten groſsen Sympathicusganglien dem Blicke freigelegt.

Die komplizierte Operation nahm mindestens eine halbe Stunde in Anspruch; doch genügt diese Zeit schon bei der gröſsten Anzahl der Fälle während der Sommerzeit, in welcher wir unsere Experimente vornahmen, die motorische Funktion des Herzens bedeutend herabzusetzen.

Sodann wurde das Tier vermittelst starker Haken mit dem Kopfe an einem hochhängenden Metallhalter so aufgehängt, daſs die Bauchfläche des Körpers senkrecht dem Tische zugewendet war, auf welchem die graphischen Apparate standen, und die Rückenfläche nach der entgegengesetzten Seite, wo die zur elektrischen Reizung der verschiedenen Nervenstrukturen erforderlichen Apparate (ein Grenet-Element, ein Du Bois-Reymondscher Schlitten, kleines Modell, Elektroden mit Spitzen aus Platindraht) aufgestellt waren.

Innerhalb weniger Sekunden wurde ein Häkchen aus Metall an der Spitze des Ventrikels (resp. des Herzohrs) befestigt, und der dasselbe mit dem schreibenden Hebel verbindende Draht in geeigneter Weise um eine kleine Rolle derart gewunden, daſs wir je nach der entsprechenden Stellung des Herzens und des Hebels die Herzkontraktionen mit so wenig Reibung als möglich verzeichnen konnten.

Nachdem die normale motorische Funktion des Herzens unter den erwähnten Bedingungen eine Zeitlang aufgezeichnet

worden war, während ein Gehilfe auf der einen Seite die Aufzeichnung der genannten Funktion beobachtete, wurde bald diese, bald jene Nervenstruktur gereizt, wie wir es im folgenden darlegen wollen.

Um die Bewegungen der übrigen Körperteile des aufgehängten Tieres zu verhindern, befestigten wir es nicht nur am Halter an

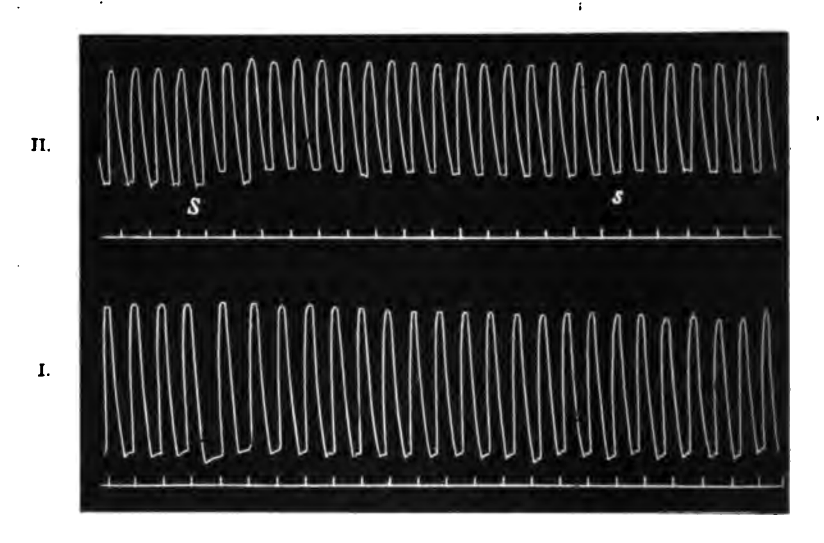


Fig. 1.
I. Normale Kontraktionen des Herzens (Ventrikels) von Scyllium canicula. II. Idem, später. Zwischen *S* und *s* Reizung des Sympathicus (Ganglien und Nerven.) Zeit: 1 Sekunde. (19. Juli 1900. Temperatur: 26° C.)

mehreren Stellen vermittelst starker Haken, sondern durchschnitten aufserdem noch meistens je nach dem betreffenden Falle in gewisser Höhe das Rückenmark; auf diese Weise wurden die Reflexbewegungen der caudalen Partien des Körpers unterdrückt.

Wie schon in unserer vorläufigen Mitteilung angeführt wurde, bewirkt der Reiz des ersten grofsen Sympathicusganglions oder der dorthin gelangenden oder in verschiedenen Richtungen davon ausgehenden Nervenstränge wie auch der kleinen Sympathicusganglien keine Einwirkung auf die Herzbewegungen, wie sich aus Fig. 1 ergibt, die wir nach der oben erwähnten vorläufigen Mitteilung nochmals vorführen.

Ehe man jedoch die Existenz einer beschleunigenden und verstärkenden Herzinnervation vollständig ausschlofs, mufste man sich überzeugen, ob irgend eine Wirkung infolge Reizung des Rückenmarks unterhalb des Ursprungs der Hemmungsfasern wahrnehmbar wäre. In diesem Falle wäre es unmöglich gewesen, reine Kurven der Herzfunktion zu erhalten, ohne das Tier mit Curare zu vergiften, was nicht in unserer Absicht lag. Infolgedessen sind die erhaltenen Kurven nicht völlig überzeugend. Es bot sich uns noch ein anderes, viel einfacheres Mittel, nämlich die Herzpulsationen während der Reizungen sowohl vor als auch nach dem Eintritt der letzteren zu zählen.

Ehe wir jedoch über die erhaltenen Resultate berichten, müssen wir einige Bemerkungen anführen über die Einwirkungen der auf die Hemmungsfasern ausgeübten Reize, sowie über die Bewegungen des Kiemenapparates und der angrenzenden Teile des Körpers infolge Reizung der Medulla oblongata und der vorderen Partie des Rückenmarkes.

Zu diesem Zwecke legen wir zuerst eine Kurve (Fig. 2) vor, bei welcher die Cardiogramme auf weiten Kurven eingetragen sind, die übertriebene spontane inspiratorische und exspiratorische Bewegungen darstellen. Diese Bewegungen wurden von dem Tiere ausgeführt, nachdem wir mit einem reinen Schnitte die Medulla oblongata von dem Rückenmark getrennt hatten; sie könnten für dyspnoische gehalten werden. Die direkte Beobachtung des Tieres überzeugte uns davon, dafs die Gipfel der Kurve spasmodischen Kontraktionen der exspiratorischen Muskeln entsprechen (Verschlufs der Kiemen) mit Zurückziehen[1]) der ganzen Kiemengegend, die absteigenden Partien aber Zeiträumen, in welchen die genannten Kontraktionen nachliefsen, die tiefsten Stellen der Kurven

---

1) Zum Verständnis dessen, was wir bezeichnen wollen, wenn wir von »Zurückziehen und Vordrängen« der Kiemengegend sprechen, mufs man sich an die Lage des Tieres erinnern. Da letzteres senkrecht mit der Bauchfläche der linken und mit der Rückenfläche der rechten Seite des Beobachters zugekehrt ist, so entspricht das Zurückziehen einer lokalen Krümmung des Tieres mit dorsaler Konvexität und das Vordrängen einer Krümmung mit ventraler Konvexität.

spasmodischen Kontraktionen der inspiratorischen Muskeln (Öffnen der Kiemen) mit Vordrängen der Kiemengegend. Nun haben wir dieselben Bewegungen künstlich hervorrufen können: die



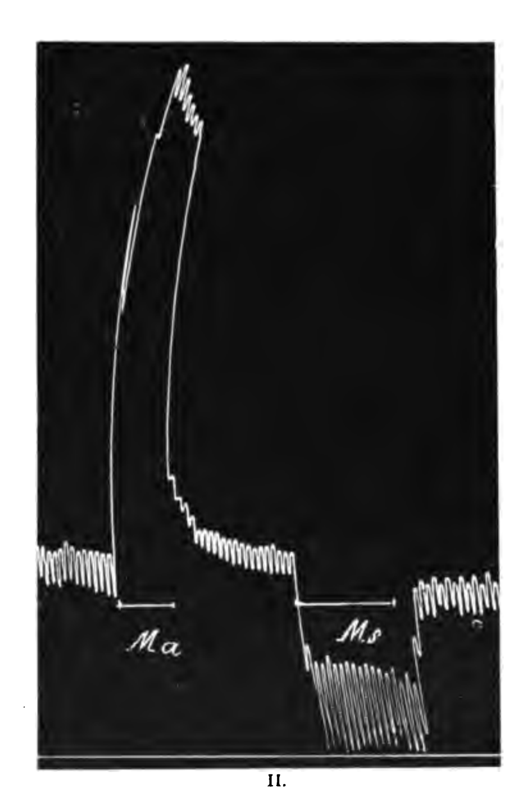
Fig. 2.
Scyllium stellare. Herzkontraktionen (des Ventrikels), eingetragen auf respiratorischen Kurven in der Dispnoe, nach Trennung der Medulla oblongata von der M. spinalis. 2,5 cm der Kurve entsprechen 1'.

erstere (gewaltsame Exspiration) durch Reizung der Medulla oblongata oder vielmehr in noch engeren Grenzen der vom übrigen Gehirn und vom Rückenmark isolierten Ursprungsgegend des

N. vagus; die gewaltsame Inspiration durch Reizung des obersten Segments des Rückenmarks. In Fig. 3, bei welcher man diese beiden entgegengesetzten Bewegungen sieht, kann man auch sehen, dafs die Reizung der Medulla oblongata Stillstand



I.



II.

Fig. 3.

Scyllium stellare. I. Stillstand des Herzens (bei *Ma*) mit exspiratorischer Bewegung infolge Reizung der Medulla oblongata.

II. Bei *Ma* dasselbe wie bei I, ohne Stillstand des Herzens (schwächerer Reiz). Bei *Ms* inspiratorische Bewegung infolge Reizung der »Medulla cervicalis«.

2,5 cm der Kurve entsprechen 1'.

des Herzens bewirkt, wenn die Intensität des Reizes genügend grofs ist (Fig. 3, I., Fig. 4, I—II); ist sie nicht genügend grofs, so erhält man die spasmodische exspiratorische Bewegung, aber nicht den Stillstand des Herzens (Fig. 3, II). Reizt man dagegen das vom verlängerten Mark getrennte Rückenmark, so beobachtet man bei der spasmodischen inspiratorischen Bewegung

keine nennenswerte Modifikation der Herzfunktion. Dann und wann, wie bei *Ms* der Kurve II der Fig. 3, scheint es, als ob die Herzkontraktionen höher würden; wir glauben aber, dafs dies sich aus der Verschiebung des aufzeichnenden Hebels erklärt

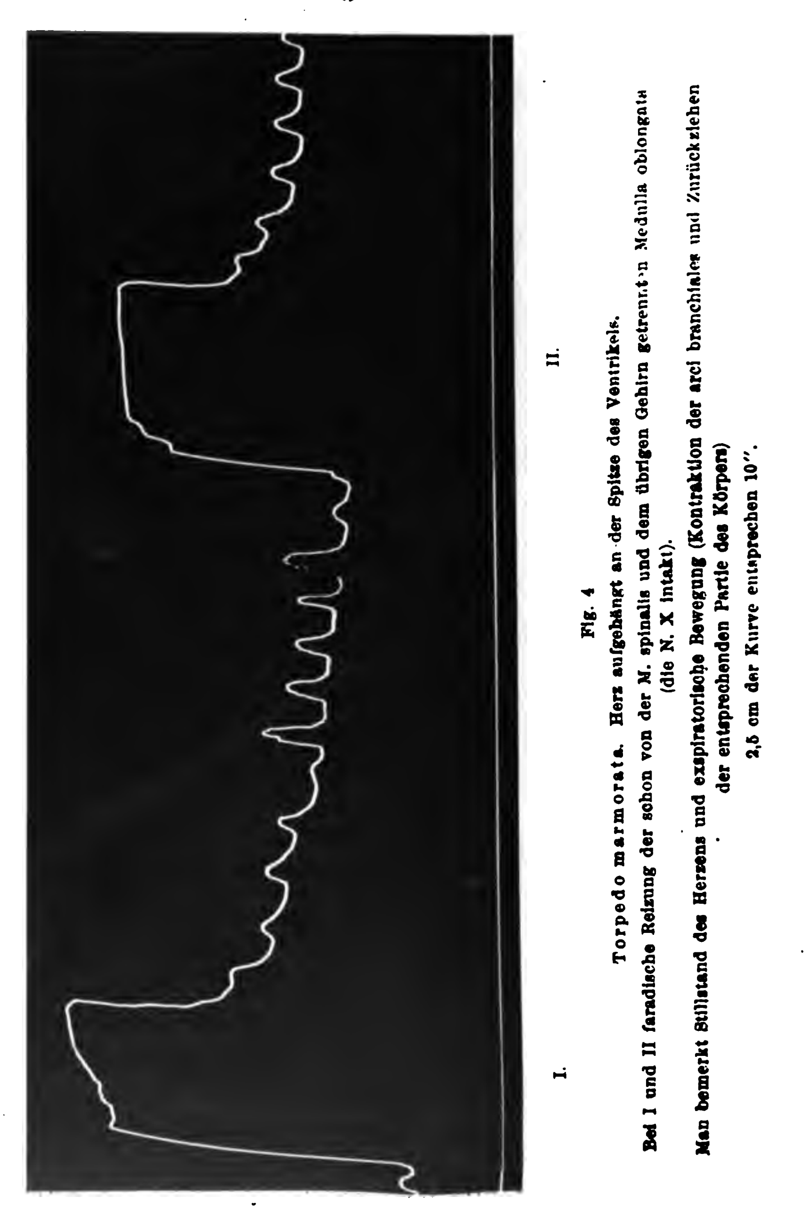


Fig. 4

Torpedo marmorata. Herz aufgehängt an der Spitze des Ventrikels.

Bei I und II faradische Reizung der schon von der M. spinalis und dem übrigen Gehirn getrennten Medulla oblongata (die N. X intakt).

Man bemerkt Stillstand des Herzens und exspiratorische Bewegung (Kontraktion der arci branchiales und Zurückziehen der entsprechenden Partie des Körpers)

2,5 cm der Kurve entsprechen 10″.

und keiner wirklichen Verstärkung der Herzfunktion entspricht. Zur Unterstützung dieser Anschauungsweise dienen nicht nur

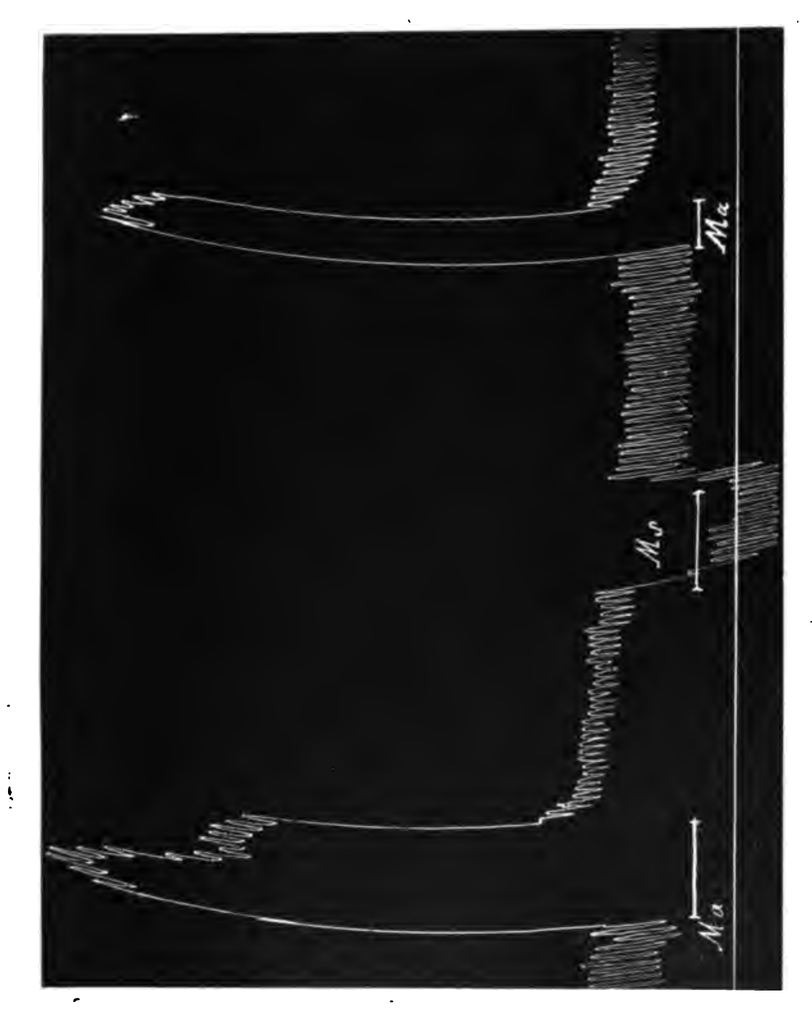


Fig. 5. Scyllium stellare. (Siehe Fig. 3.) 2,5 cm der Kurve entsprechen 1'.

andere Kurven, bei welchen sich keine Spur von solchen Erhöhungen zeigt (Fig. 5 und 6), sondern auch die Thatsache, dafs die scheinbare Erhöhung nicht von Beschleunigung der motorischen Funktion des Herzens begleitet ist.

Nicht einmal die Zählung der Schläge des Herzens und die Beobachtung seiner Bewegungen hat uns davon überzeugen können,

dafs Segmente der cerebrospinalen Achse existieren, deren Reizung Verstärkung und Beschleunigung der Herzfunktion hervorruft. Und anderseits ruft Reizung der Wurzeln der Cranialnerven X.—XI.

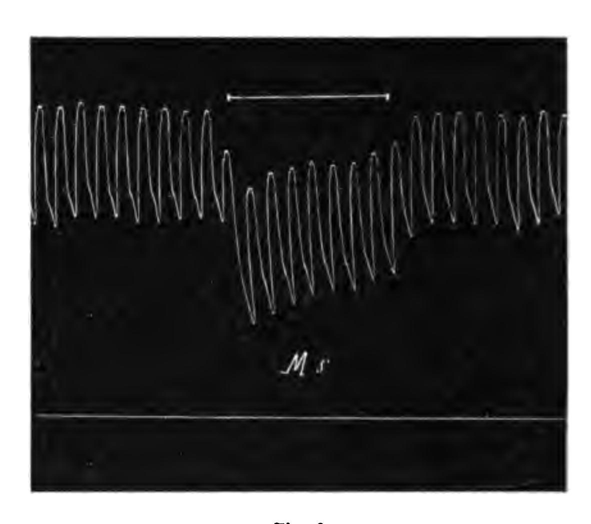


Fig. 6.
Scyllium stellare. Rhythmische Kontraktionen des Ventrikels. Bei *Ms* Reizungen der »Medulla cervicalis«. (Ventrikel mit Blut gefüllt; aufgezeichnet vermittelst Suspension des Herzens,) 2,5 cm der Kurve entsprechen 1′.



Fig. 7.
Normale Kontraktionen des Herzens (Ventrikels) von Scyllium canicula. Herzfunktion schon sehr geschwächt. Zwischen *V* und *v* Reizung des N. vagus.
Zeit: 1 Sekunde. Temperatur: 26° C.

in der von Kreidl bezeichneten Partie, entweder des Vagusstammes oder des einzigen visceralen Astes desselben, der eigentlich die Hemmungsfasern enthält, stets Stillstand des Herzens (des Ventrikels und des Atriums) hervor, wie es Fig. 7 und Fig. 8 klar beweisen. Wie sehr wir auch bei Reizung des visceralen Astes des N. vagus die Intensität des Induktionsstromes allmählich erhöht hatten, wir erhielten Stillstand, sobald die Intensität des Reizes genügend

grofs geworden, war oder keine schätzbare Einwirkung. Deshalb glauben wir die Möglichkeit ausschliefsen zu können, dafs die hemmenden und erhöhenden Fasern mit einander in einem und demselben Nerv verlaufen. Es bleibt uns mithin nichts anderes übrig, als die Frage der sympathischen Herzinnervation bei den Haifischen ungelöst zu lassen, falls eine solche überhaupt existiert, und abzuwarten, ob ein anderer geschickter oder glücklicher sein wird als wir und die Beschleunigungsfasern des Herzens dieser Tiere auffindet.

Häufiger und deutlicher als beim Herzen irgend eines andern Tieres haben wir beim Herzen der Selachier, wenn es eine Zeitlang unbeweglich war, gesehen, wie die Reizung des N. vagus und des verlängerten Markes eine Reihenfolge kräftiger Systolen hervorrief und das Herz dann wieder in den Zustand der Ruhe zurückkehrte; dies wiederholte sich öfters bei jeder Reizung. Ferner haben wir gesehen, wie die Wirkung ausblieb, wenn Reize von gleicher Intensität einander folgten, und wie die Wirkung wieder eintrat, wenn die Intensität der Reize zunahm. Dafs die Wirkung der Reizung erregender Fasern zuzuschreiben sei, glauben wir nicht, weil dieselbe in dieser Weise auch bei Tieren eintritt, bei

Fig. 8.
Kontraktionen des Atrium cordis von Scyllium canicula. Motorische Funktion schon sehr geschwächt. Bei s Reizung des Sympathicus (Ganglien und Nerven); bei V bis v Reizung des NN. vagi. Zeit: 1''. Temperatur 26° C.

welchen man die Vagusfasern völlig von den Sympathicusfasern trennen kann, wenn man unter ähnlichen Bedingungen ausschliefslich die ersteren reizt.

Nicht ganz uninteressant scheinen uns einige Beobachtungen zu sein, die wir am Foetalherzen der Torpedo ocellata anstellten während der Periode, in welcher die Jungen dieses Selachiers innerhalb der beiden geräumigen Höhlen des Uterus leben. Bekanntlich sind die Wände dieser Höhlen etwas transparent, und bis zu einer gewissen Entwicklungsperiode sind auch die Wände des Körpers beim Foetus dünn, so dafs man mit Leichtigkeit die respiratorischen Bewegungen des letzteren wahrnehmen und zählen kann, während die Tierchen noch unter natürlichen Verhältnissen leben. Unter solchen Bedingungen ist es jedoch nicht möglich, ihre Herzschläge zu beobachten. Übrigens kann man bei den Jungen der Torpedo, sobald sie wenigstens zwei Stunden aufserhalb der Höhlung des Uterus leben, wenn sie nur von Zeit zu Zeit oder besser fortwährend mit Meerwasser begossen werden, die Beobachtungen in Bezug auf das Herz dieser Tierchen bequemer anstellen, nachdem man sie aus dem Uterus herausgezogen und mit Stecknadeln auf einer Parafintafel befestigt hat, das unter einem schwachen Meerwasserspray aufgestellt ist.

Im Durchschnitt macht das Herz dieser Jungen in einer Minute ca. 55 bis 60 Schläge, und die Herzfunktion dauert bei der verhältnismäfsig hohen Temperatur des Monats September wenigstens zwei Stunden lang, ermattet aber gegen das Ende hin.

Nun haben wir uns überzeugen wollen, ob die Reizung des verlängerten Markes beim Foetus der Torpedo (die Nerven kann man hier nicht reizen) Stillstand des Herzens bewirkt. Das einfachste Mittel, welches sich uns zur Erreichung dieses Zweckes darbot, bestand darin, zu bestimmen, welcher Höhe auf der Kopfoberfläche die Verbindungslinie des Gehirns mit dem verlängerten Mark entspricht, dann mit glattem und plötzlichem Schnitt den Kopf des Tierchens in dieser Höhe abzutrennen, und hierauf vermittelst eines Paars Excitatoren mit feinen und abgestumpften Spitzen das verlängerte Mark zu reizen,

indem wir gleichzeitig die Herzgegend im Auge behielten, wo man deutlich den Herzschlag wahrnahm, oder indem wir das vollständig blofsgelegte kleine Herz beobachteten. Wir erhielten konstant als Resultat der Reizung Stillstand des Herzens in der Diastole; hörte der Reiz auf, so pulsierte das Herz wieder wie vorher. Nicht einmal beim Fötus bewirkten wir je durch Reizung der Nervencentren Beschleunigung oder Verstärkung der Herzpulsationen.

Eine kurze Erwähnung verdienen einige Einzelheiten betreffs der Herzfunktion bei den Selachiern und der Innervation ihres Herzens.

Es ist eine bemerkenswerte Thatsache, dafs die Kontraktionen des Ventrikels oder des Vorhofs, welche nach dem durch Reizung des N. vagus bewirkten Stillstand eintreten, niemals lebhafter als die gewöhnlichen Pulsationen sind, wie man es bei den anderen Tieren gelegentlich wahrnehmen kann, oder dafs sie wenigstens nicht so lebhaft sind, dafs dieses Phänomen mit unbewaffnetem Auge von dem Beobachter konstatiert werden könnte.

Zudem kann ein Seltenerwerden der Systolen infolge leiser Reizung des N. vagus kein gewöhnlich eintretendes Phänomen sein, da es uns während der heifsen Jahreszeit nie gelungen ist, dasselbe hervorzurufen. Und endlich hat Straub[1]) vor kurzem die Beobachtung gemacht, dafs es beim Herzen der Torpedo nicht einmal, wenn man es mit Antiarin vergiftet hat (einem Gift, das zur Kategorie derjenigen gehört, welche wir[2]) »kontraktorische« genannt haben), gelingt, systolischen Stillstand des Ventrikels, zu erreichen.

Alle diese drei Thatsachen haben für uns nur die Bedeutung, dafs im Ventrikelgewebe des Herzens bei diesen Tieren die trophische und tonische Funktion des Sarkoplasmas nicht sehr entwickelt ist. Wer die Hypothese und die Thatsachen hin-

1) a. a. O. S. 373.

2) Bottazzi, Contributi alla fisiologia del tessuto di cellule muscolari. Parti I, II e III. Firenze 1897. Siehe Arch. ital. de Biol. 1899, XXXI, p. 124.

sichtlich der Sarkoplasmafunktion[1]) kennt, wie wir sie formuliert haben, für den bedarf es keiner weiteren Erklärung, um den Grund unserer obigen Behauptung einzusehen.

Überdies können wir die von demselben Straub[2]) beschriebene Thatsache bestätigen, mit welcher Leichtigkeit beim Selachierherzen die Richtung der Kontraktionswelle sich umkehrte. Sowohl im Sommer 1900, als auch im Sommer 1901 hatten wir Gelegenheit, Herzen von Scyllium und von Trigon lange derart pulsieren zu sehen, dafs nach jeder Pause die Herzbewegung vom Conus arteriosus aus begann und von hier aus durch den Ventrikel zum Herzohre und weiterhin fortschritt. Noch häufiger wechselten in normaler Richtung fortschreitende Kontraktionswellen mit anderen in umgekehrter Richtung fortschreitenden ab, und beide waren von wechselnder Anzahl.

B. Speiseröhre und Magen.

Um die Bewegungen des Ösophagus und des Magens graphisch aufzuzeichnen, bedienten wir uns der Methode gleichzeitiger Übertragung durch das Wasser und die Luft.

Nachdem das Tier auf oben beschriebene Weise an einem Halter senkrecht herabhängend befestigt worden war mit weit geöffnetem Maul, wurde bis in den Magen oder auch nur in den Ösophagus ein Säckchen aus feinem Kautschuk eingeführt, welches eigens zu dem Zwecke angefertigt worden war, dafs es sich der Gestalt beider Höhlungen anpasse; sein Umfang war derart, dafs es, mit Meerwasser erfüllt, eine mäfsige Ausdehnung des Ösophagus und des Magens bewirkte. Die Säckchen (wir hatten verschiedene, je nach der verschiedenen Gröfse der Tiere) waren an ihrer einzigen Öffnung über das untere Ende von Glasröhren gebunden, die circa

1) Bottazzi, The oscillations of the auricular tonus in the batrachian heart with a theory on the Function of sarcoplasma in muscular tissues. Journal of Physiol. 1897, XXI, p. 1. — Derselbe, Über die Wirkung des Veratrins und anderer Stoffe auf die quergestreifte, atriale und glatte Muskulatur. (Beiträge zur Physiol. des Sarkoplasmas.) Archiv f. Physiol. 1901, S. 377.

2) a. a. O.

6 bis 7 mm Durchmesser hatten und lange genug waren, so dafs sie wenigstens um 10 cm über die Mundöffnung des Tieres hinausragten, wenn das Säckchen schon bequem der Höhle des Organs angepafst war, dessen Bewegungen aufgezeichnet werden sollten. Der vorstehende Teil einer jeden Röhre wurde alsdann derart umgebogen, dafs sein anderes Ende mit einem Gummischlauch verbunden werden konnte, der mit einer Mareyschen Registriertrommel in Verbindung stand. Es ist klar, wie dieser einfache Apparat funktionierte. Die Kontraktionen des Ösophagus und des Magens hoben die im Säckchen und in der Glasröhre enthaltene Wassersäule in die Höhe, die Bewegungen des Wassers übertrugen sich auf die Luft der Trommel, durch die Luft auf die Membran derselben und auf die Feder, welche auf den rotierenden Cylinder im allgemeinen mit mittlerer Geschwindigkeit schrieb. Wenn man auf die angegebene Weise operiert, mufs man nur einigermafsen acht geben, dafs das Säckchen weder zu viel noch zu wenig Wasser enthält, oder dafs das hohle Organ durch das Säckchen im Verhältnis zur Spannung seiner Muskulatur bis zu seinem Optimum erweitert wird, das man sehr häufig erst durch wiederholte Versuche erreicht. Sodann mufs die Glasröhre, an welcher das Säckchen hängt, etwas über dem Maul des Tieres gehörig befestigt sein, damit die Lage des Säckchens selbst, das als Übertrager der Bewegungen des Organs dient, sich nicht ändert. Übrigens ist der Pylorus bei diesen Tieren im Vergleich zum weiten fusiformen Magen so eng, dafs keine Gefahr, es könne sich dort verschieben, zu befürchten ist, wenn das Säckchen einmal hinabgelassen und dem unteren Teile des Magens wohl angepafst worden ist.

Auf diese Weise verzeichneten wir die spontanen Bewegungen des Magens, Bewegungen, wie sie der Ösophagus nie zeigt — was mit der Beschaffenheit der Muskulatur dieses Organes im Einklang steht, da sie fast ausschliefslich eine quergestreifte ist — und die Reaktionen nach elektrischer Reizung, die wir entweder direkt einwirken liefsen auf die äufsere Oberfläche der beiden Organe oder auf die Nerven, welche sich zu denselben begeben.

Wir haben auch die Innervation der übrigen Teile des Verdauungsapparates studiert — Pylorus und Duodenum, spiraler Teil des Darmes, die Kloake bis zur Öffnung des Anus — wie auch des Ductus choledochus; da wir aber ihre Bewegungen nicht aufzeichnen konnten, weil sie nicht wohl graphischen Untersuchungen zugänglich sind, so wollen wir sie nachher besonders besprechen.

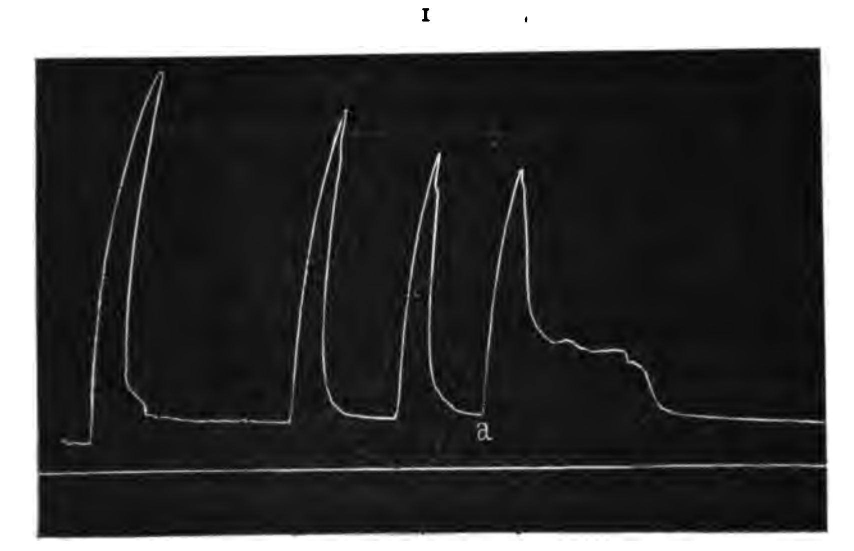
1. Der Ösophagus.

Wir bemerkten schon, das der Ösophagus keine automatischen Bewegungen ausführt analog denjenigen, welche wir bei der Aplysia, beim Bufo und dem Frosch, beim Hühnerembryo und beim Küchlein etc. studiert haben, und dafs diese Thatsache mit der Art seiner Muskulatur übereinstimmt. In der That zeigt der Ösophagus, während bei jenen anderen Tieren seine Muskulatur eine glatte ist, bei den Fischen wie bei den Säugetieren (wenigstens was den oberen Teil betrifft) eine vorwiegend, ja fast ausschliefslich quergestreifte Muskulatur. Dennoch unterscheidet sich der Ösophagus der Selachier, wie schon Mosso[1]) in höchst interessanten Untersuchungen für den Ösophagus einiger Säugetiere nachgewiesen hat, sehr von einem quergestreiften Muskel durch die Art seiner Reaktion auf äufsere Reize und nähert sich infolge vieler besonderer Merkmale mehr dem Myocardium. Mithin kann man ihn, was gewisse allgemeine physiologische Eigenschaften betrifft, als Übergangsglied von den glatten zu den quergestreiften Muskeln der Extremitäten betrachten. Und damit wird das Prinzip immer mehr bestätigt, dafs nicht so wohl, oder wenigstens nicht allein, die Beschaffenheit der histologischen Elemente die physiologischen Eigenschaften eines Gewebes bestimmt, sondern auch die eigentümliche Funktion des Organs, von welchem dieses Gewebe einen Teil ausmacht. Man könnte auch sagen, die histologischen Elemente, in unserem Falle die quergestreiften Fasern, böten, indem sie sich der eigentümlichen Funktion des Organs — des Ösophagus — anpafsten, plötzlich bemerkenswerte Modifikationen ihrer allgemeinen physiologischen

1) A. Mosso, Movimenti dell'esofago. Torino 1873.

Eigenschaften dar. Hier würde man auf eine ernste Schwierigkeit stofsen, wenn man, die Physiologie der Organe aufser acht

I



II

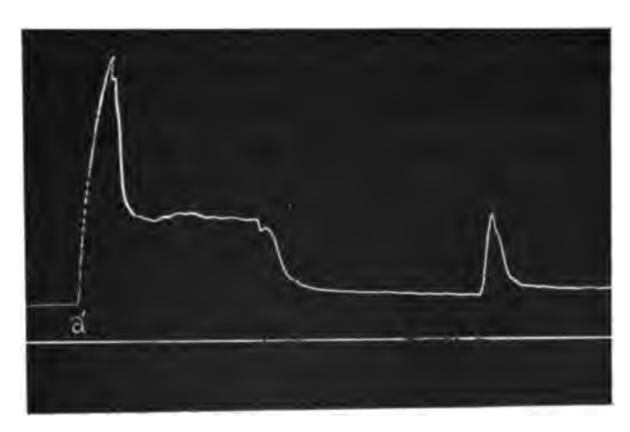


Fig. 9.

Scyllium stellare. Kontraktionen des Ösophagus, hervorgerufen durch faradische Reizungen, die direkt von aufsen her auf das Organ ausgeübt wurden. Bei *a*, *a'* Tetanus des Ösophagus infolge dauernder Reizung. 2,5 cm der Kurve entsprechen 10″.

lassend, das Studium der allgemeinen Physiologie des quergestreiften Muskelgewebes verfolgen wollte, indem man nur die Eigenschaften der Gelenkmuskeln untersuchte.

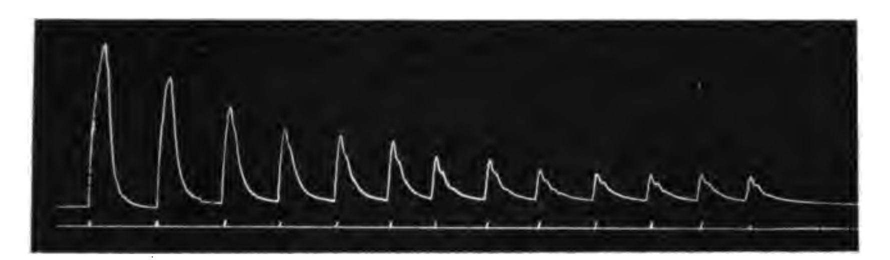
Auf einzelne, selbst starke Reize mit dem Induktionsstrom, seien sie nun direkt oder indirekt appliciert, reagiert der Ösophagus der Selachier gar nicht, als wäre er ein glatter Muskel.

Appliziert man hingegen auch nur kurze tetanisierende Reize auf die äufsere Oberfläche des blofsgelegten Organs, indem man es so viel als möglich vermeidet, die über demselben sich schlängelnden Nervenstämme zu reizen, so erhält man kräftige Kontraktionen der cirkulären Muskulatur, welche genau so aussehen wie tetanische Kontraktionen (Fig. 9, I., die ersten drei Kurven links). Dauert der tetanisierende Reiz eine gewisse Zeit lang, so reagiert der Ösophagus (siehe die vierte Kurve bei derselben Figur) anfangs durch eine starke Kontraktion ähnlich der vorausgehenden; verlängert man aber alsdann denselben Reiz, so erweitert der Ösophagus sich wieder beträchtlich und verharrt in einem Zustand mittlerer Zusammenziehung. Hört der Reiz auf, so kehrt das Organ ziemlich rapid in den Zustand seiner normalen Ausdehnung zurück. Dieselbe Thatsache bemerkt man bei Kurve II der Fig. 9, in welcher jedoch, da dem Organe eine Ruhepause gewährt worden war, die auf jene Art von »Initial-Kontraktion« folgende andauernde Zusammenziehung deutlicher sichtbar ist.

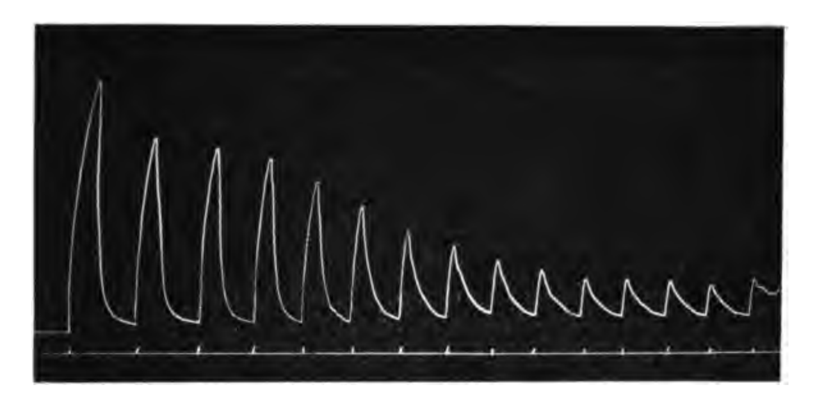
Man bemerke jedoch im Verlaufe der letzten Biegung auf der rechten Seite von Kurve II, wie schnell bei dieser, obgleich quergestreiften Muskulatur, die Periode der Erschöpfung eintritt. Jene winzige Kurve ist die Antwort des Ösophagus auf einen tetanisierenden Reiz von gleicher Intensität und Dauer, wie die der Reize, welche die ersten Reaktionen links auf der Kurve I hervorgerufen hatten.

Deutlichere Resultate erhält man jedoch, wenn man einen der beiden visceralen Äste des rechten oder linken N. vagus reizt, denn da diese die eigentlichen motorischen Nerven des Ösophagus sind, so wird die Wirkung des Reizes von der gesamten Muskulatur des Osophagus reflektiert. Fig. 10 mit den Kurven A und B zeigt die Wirkungen sehr kurzer tetanisierender Reize, die in annähernd gleichen Intervallen auf den visceralen Ast des rechten und linken N. vagus bei einem grofsen Exemplar

A



B



C

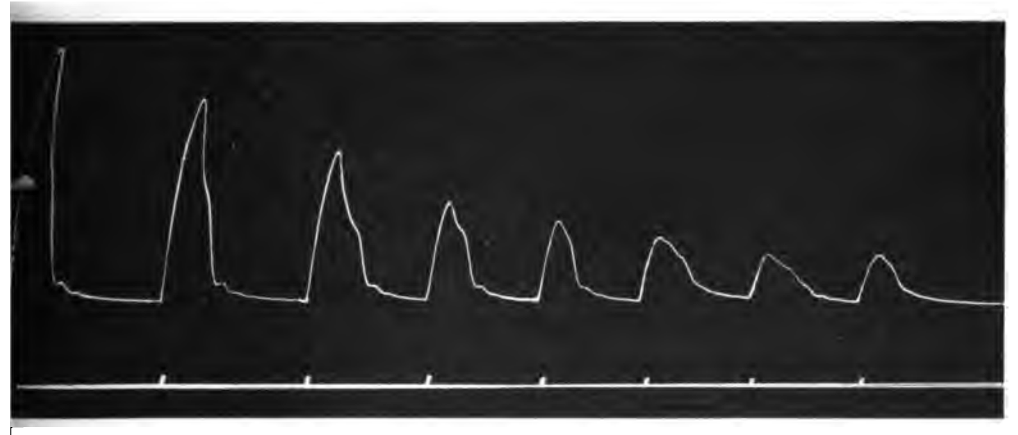


Fig. 10.
Scyllium stellare. Kontraktionen des Ösophagus, hervorgerufen durch kurze faradische, auf den visceralen Ast des rechten oder linken N. vagus ausgeübte Reizungen. 2,5 cm der Kurve entsprechen 10″.

von Scyllium stellare ausgeübt wurden. Die einzelnen Zusammenziehungen, welche man als sehr kurze tetanische Kontraktionen zu betrachten hat, unterscheiden sich nicht in nennenswerter Weise von den vorher infolge direkter Reizungen des Ösophagus beobachteten. Was hier besonders auffällt, ist die Schnelligkeit, mit welcher trotz der Länge der Pause zwischen zwei aufeinander folgenden Reizungen die Kontraktionen allmählich an Höhe abnehmen, bis sie ganz klein werden und bald nachher ganz aufhören. Diese Kurven sind ebenso viele »Ermüdungskurven« und zeigen deutlich, wie die Muskulatur des Ösophagus bei jenen Tieren, wenn sie auch nicht bei jeder Kontraktion eine übermäſsige Arbeit verrichtet, doch schnell erschöpft wird. Sodann hat uns das fortgesetzte Studium dieser Kurven den Beweis dafür geliefert, daſs eine sehr beträchtliche Ruhepause zwischen zwei Reihen aufeinander folgender Reizungen nötig ist, um die einzelnen kurzen, tetanischen Kontraktionen, welche die folgende Reihe einleiten, in Bezug auf ihre Höhe den Anfangskontraktionen der vohergehenden Reihe gleich seien. Kurve B der Fig. 10 wurde mit geringerer Schnelligkeit auf dem rotierenden Cylinder eingezeichnet. Die Myogramme (wie auch diejenigen der Kurve A bei derselben Figur) sind im allgemeinen offenbar mit zwei Spitzen versehen, und die zweite Spitze befindet sich immer auf der absteigenden Strecke der ganzen Kurve und erscheint einige Zeit nach dem Aufhören des Reizes. In Wirklichkeit ist es eigentlich keine zweite Spitze. Die Erscheinung entwickelt sich folgendermaſsen: auf eine kräftigere initiale Kontraktion folgt ein kurzes Stadium mehr oder weniger schneller, stufenweise abnehmender Kontraktion, und darauf folgt eine sehr schnelle totale Expansion des Muskels. Der Punkt, an welchem die Kurve von der Kontraktionsphase zur Phase ausgesprochener Expansion übergeht, ist derjenige, welchen wir vorhin in wenig zutreffender Weise »zweite Spitze« nannten. Ein »weiſser« quergestreifter Muskel wäre nach dem Aufhören des ganz kurzen faradischen Reizes sofort zur Phase ausgesprochener Expansion zurückgekehrt. Hier dagegen verhielt sich der Muskel des Ösophagus wie ein »roter« quergestreifter Muskel

der Kröte oder der Schildkröte, bei welchem auch der Phase ausgesprochener Expansion unter gleichen Excitationsbedingungen eine Phase leiser an Intensität stufenweise abnehmender Kontraktion vorausgeht. Wie es uns scheint, kann man in diesen letzten beiden Fällen der Anwesenheit des Sarcoplasmas in gröfserer Quantität das kurze Verharren des Muskels im Zustande der Kontraktion nach Aufhören des Reizes[1]) zuschreiben.

Im Hinblick auf diese Reaktion der Ösophagusmuskulatur der Selachier kurzen tetanisierenden auf den N. vagus ausgeübten Reizen gegenüber können wir es wohl verstehen, wie das normale Schlucken beim lebenden Tiere vor sich geht. Da der Ösophagus sehr kurz ist, so verursacht der Bissen, wenn der Rachen letzteren in den Anfang des Ösophagus geschoben hat, auf reflektorischem Wege eine kurze tetanische Kontraktion seiner Muskulatur, wahrscheinlich ähnlich einer derjenigen, welche wir auf künstlichem Wege vermittelst elektrischer Reize hervorgerufen haben, und diese tetanische Kontraktion stöfst gleichsam ihrerseits den Bissen auf einmal in den Magen, während er nicht in das geschlossene Maul zurücktreten kann. Auf die schnelle Kontraktion des Ösophagus folgt jene leichte Kontraktion von etwas längerer Dauer, die man auf unseren Kurven sieht, und die im Verein mit der bekannten Weite des Magens dazu mitwirkt, ein Zurücktreten der Nahrungsmittel zu verhindern.

Wenn man übrigens, während ein Gehilfe einen N. vagus reizt, einen Finger in den Ösophagus einführt, so empfängt man während der Kontraktion des Organs einen Eindruck, welcher wohl der Gestalt der Kurve entspricht, d. h. den Eindruck einer anfangs schnellen und starken Zusammenziehung, auf welche eine schwächere und sehr bald nachlassende folgt. Wie man bei den Myogrammen keine Spur von einem peristaltischen Fortschreiten der Zusammenziehung vom oberen zum unteren Teile des Ösophagus sieht, so fühlt man bei dem eben angeführten Experiment mit dem Finger auch nichts, was uns ausdrücklich zu einer Annahme derselben berechtigen könnte. Dennoch kann

---

1) Bottazzi, Über die Wirkung des Veratrins etc., a. a. O.

man aus gewissen Experimenten, über die wir gleich berichten werden, die Schlufsfolgerung ziehen, dafs die obere Gegend des Ösophagus sich unter normalen Verhältnissen eher zusammenzieht als die untere. Führt man mit zwei Elektroden mit Platinspitzen, die man immer in gleicher Entfernung längs einer und derselben Linie des Ösophagus hält, kurze, nicht übermäfsig starke, tetanisierende Reize aus (die Rollen des Schlittens waren 7 cm von einander entfernt bei einem Experiment, das wir am 7. August 1901 an Scyllium stellare bei einer Lufttemperatur von 28°C. und Meerwassertemperatur von 26°C. ausführten), ausgehend von einem Ende des Organs, z. B. vom oberen, und zum unteren hinabgehend und weiter bis zur ersten Partie des Magens, so macht man die Beobachtung, dafs die entsprechende Kontraktion um so schneller und kräftiger ist, je näher dem oberen Ende der gereizte Punkt sich befindet, und um so später eintretend und schwächer, je näher er am Magen liegt, bis in einer Entfernung von ca. 2 mm vom unteren Ende des Ösophagus der Magen überhaupt nicht mehr reagiert. Wie auf direkte elektrische Reize, so reagiert der Osophagus wahrscheinlich auch auf die physiologischen, welche vermittelst der NN. vagi vom verlängerten Mark aus zu ihm gelangen, und da dieses, wie es scheint, leichter erregbar ist in seinem oberen als in seinem unteren Teile, so wird ersterer sich zuerst zusammenziehen und so den Bissen zwingen, längs der übrigen Partie des Osophagus weiter zu gleiten; diese wird sich ihrerseits zusammenziehen und ihn endlich in den bedeutend erweiterten Magen befördern. Wenn also die Kürze des Ösophagus und die Schnelligkeit, mit welcher das Schlucken vor sich geht, es nicht gestatten, bei diesen Tieren jene peristaltische Bewegung deutlich zu sehen, welche den langen Ösophagus vieler anderer durchläuft, so ist nichtsdestoweniger auch bei den Selachiern die Innervation des Ösophagus so gut reguliert, dafs immer der obere Teil sich zuerst kontrahiert und zuletzt der untere, und, wie wir schon bemerkten, auf die schnelle Kontraktion, welche wir eine »propulsive« nennen möchten, folgt immer eine leise, andauernde Kontraktur, welche für einen gewissen Zeitraum den

Verschlufs des Ösophagus sichert und das Zurücksenden des Mageninhalts verhindert.

Es wäre interessant gewesen, die Minimalzahl der Reize festzustellen, welche hinreicht, um eine Kontraktion des Ösophagus zu bewirken, falls sie direkt auf das Organ selbst oder indirekt

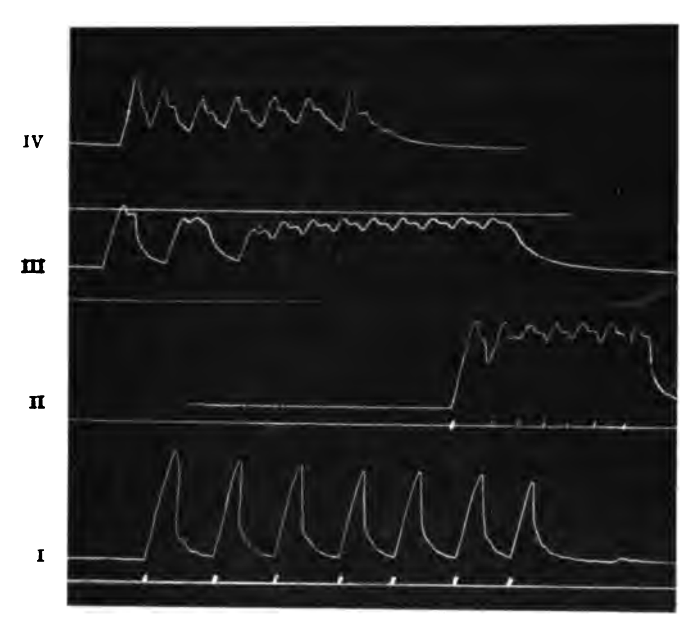


Fig. 11.
Torpedo marmorata. Kontraktionen des Ösophagus, hervorgerufen durch faradische Reizungen von kurzer Dauer, in veränderlichen Intervallen auf den visceralen Ast des linken N. vagus ausgeübt.
I Längste Intervalle.
II Kürzeste Intervalle (unvollständiger Tetanus).
III u. IV Intermediäre Intervalle (auch weniger vollständige Tetanuserscheinungen.)
2,5 cm der Kurve entsprechen 10″.

auf den Nerv sich richten, desgleichen die Beziehung zwischen der Anzahl der Reize und ihrer Intensität, aber bis jetzt konnten wir das nicht ausführen.

Es genügt, wenn man die Länge der Pausen zwischen den einander folgenden Reizen abwechseln läfst, indem man sie mehr oder weniger reduziert, um intermediäre Formen von Tetanus zu erhalten, die sich immer mehr dem vollständigen Tetanus nähern, den man beobachtet, wenn man eine gewisse Zeit hindurch fort-

während einen der NN. vagi durch einen Tetanus erregenden Strom reizt. Bei den Kurven der Figuren 11 und 12 sieht man wechselnde Formen von unvollständigem Tetanus, bei welchen die einzelnen Spitzen nicht einfachen oder elementaren Kontraktionen, sondern ebenso vielen sehr kurzen tetanischen Kontraktionen entsprechen, während die allgemeine progressive Erhöhung des Tonus als Kontraktur zu betrachten wäre, die an Intensität stets zunimmt, ähnlich derjenigen, welche man immer bei den

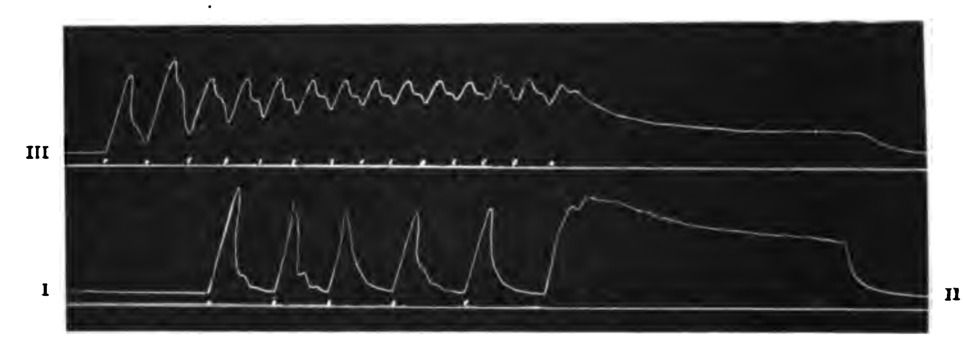


Fig. 12.
Torpedo marmorata. Kontraktionen des Ösophagus.

I Kontraktionen, hervorgerufen durch kurze faradische Reizungen, ausgeübt auf den visceralen Ast des linken N. vagus.

II Tetanus des Ösophagus infolge fortgesetzter faradischer Reizung desselben Nerven (der Tetanus ist nicht höher als bei den vorhergehenden Kontraktionen).

III Rhythmischer unvollständiger Tetanus infolge kurzer faradischer Reizungen desselben Nerven, ausgeübt während der expansorischen Phase einer jeden Kontraktion des Ösophagus.

Mittlere Geschwindigkeit des Cylinders. 2,5 cm der Kurve entsprechen 10″.
Maximalreizungen.

glatten Muskeln wahrnimmt. Diejenige Kurve aber, auf welche ich die Aufmerksamkeit des Lesers besonders lenken möchte, befindet sich unten rechts (II) bei der Figur 12, welche einen vollständigen Tetanus von beträchtlicher Dauer darstellt. Nun ist die Höhe dieser Tetanuskurve selbst bei ihrem Anfang nicht gröſser als diejenige des höchsten der vorhergehenden Myogramme links; dies beweist, da die quergestreifte Natur der Ösophagusmuskulatur der Selachier erwiesen ist, daſs auch die genannten Myogramme, wie oben mehrmals erwähnt wurde, Fälle von kurzem Tetanus und nicht elementare, einfache Kontraktionen darstellen, da man nie beobachtet, daſs bei den quer-

gestreiften Muskeln die Tetanuskurve gleich hoch oder weniger hoch im Vergleich zu der Kurve einer einfachen Kontraktion ist.

Jetzt können wir der Wahrheit gemäſs sagen, daſs wir in einigen seltenen Fällen auch Gelegenheit hatten, Reaktionen der Ösophagusmuskulatur auf einzelne Induktionsöffnungsschläge zu beobachten; aber trotz übereinandergeschobener Rollen des du Bois-Reymond-Induktionsapparates und noch eines frisch bereiteten Chromsäureelementes, d. h. trotz sehr starker Reize waren die wahrgenommenen elementaren Kontraktionen stets im Vergleich zu denjenigen, welche man bei den hier wiedergegebenen Kurven sieht, derart geringfügig, daſs wir sie nicht der Erwähnung wert hielten.

Mit anderen Worten, während der Magen einer Kröte, der ausschlieſslich glatte Muskulatur aufweist, gar nicht auf einzelne sogar sehr starke Reize des Induktionsstroms reagiert, reagieren das Myocardium sowohl als auch die gewöhnlichen quergestreiften Muskeln mehr oder weniger lebhaft, doch immer kräftig, und der Ösophagus der Selachier, obgleich er aus quergestreiften Muskeln besteht, reagiert darauf kaum und nicht immer für den Beobachter merklich, unter den erwähnten experimentellen Bedingungen nur dann, wenn seine Erregungsfähigkeit eine sehr groſse ist.

Durch diese Experimente und Vergleichungen glauben wir das spezielle physiologische Verhalten der Ösophagusmuskulatur sowohl beim Scyllium als auch bei der Torpedo als Repräsentanten der Haifische und der Rochen hinlänglich erläutert zu haben. Wir glauben auch bewiesen zu haben, daſs die genannte Muskulatur in ungewöhnlichem Maſse die Eigenschaften der roten quergestreiften Muskeln derart in sich entwickelt zeigt, daſs sie durch gewisse biologische Eigentümlichkeiten sich mehr den glatten als den weiſsen quergestreiften Muskeln nähert. Ein eingehendes histologisches Studium würde uns vielleicht darüber Aufschluſs geben, welche strukturalen Modifikationen der Muskelfaser die besondere funktionelle Anpassungsfähigkeit des Organs begleiten.

Nicht auf einzelne Öffnungsreize zu reagieren, so schnell zu ermüden, eine weniger kräftige andauernde tetanische Zusammenziehung (d. h. eine weniger hohe Tetanuskurve) zu liefern als diejenige, welche man als Antwort auf sehr kurze faradische Reize erhält, — das sind Merkmale, die nicht den quergestreiften, sondern vielmehr eher den glatten Muskeln zukommen.

In welcher Hinsicht unterscheiden sich denn jene Kurven von denjenigen, welche man bei ähnlichen Untersuchungen in Bezug auf den Ösophagus der Kröte und des Küchleins erhält? Nur durch die Schnelligkeit der Reaktion, d. h. durch die Schnelligkeit, mit welcher das Organ auf den Reiz reagiert — nämlich während der kurzen Dauer der Latenzperiode — und mit welcher es sich nach dem Aufhören des Reizes ausdehnt. Aber wie weit entfernt ist auch in diesen beiden Einzelheiten die Ösophagusmuskulatur der Selachier von den quergestreiften Muskeln! Über die Latenzperiode der Erregung haben wir keine genauen Bestimmungen ausgeführt; sie ist aber gewifs länger als diejenige des trägsten quergestreiften Muskels, wovon man sich durch die einfache Inspektion überzeugen kann.

2. Der Magen.

Kommen wir nun zum Magen! Derselbe hat eine ausschliefslich von glatten Elementen durchflochtene Muskulatur und zeigt langsame, automatische, rhythmische Bewegungen, nicht nur wenn er das mit Wasser erfüllte Säckchen enthält, sondern auch, wenn er ganz leer ist, wie man es vorher oder nachher an dem blofsgelegten Organ sehen kann, nachdem man dem Tiere den Bauch geöffnet hat. Die wellenförmigen rhythmischen Bewegungen wiederholen sich mit einer gewissen Regelmäfsigkeit, wie man aus (der unteren) Kurve I der Figur 13 ersieht; sie werden aber viel regelmäfsiger nach einer längeren Reizung eines der NN. vagi, wie man es bei (der oberen) Kurve II derselben Figur sieht, bei welcher die peristaltischen Kontraktionen auf eine ziemlich lange Ruhepause folgen und durch Tetanisierung des linken N. vagus hervorgerufen werden, die in

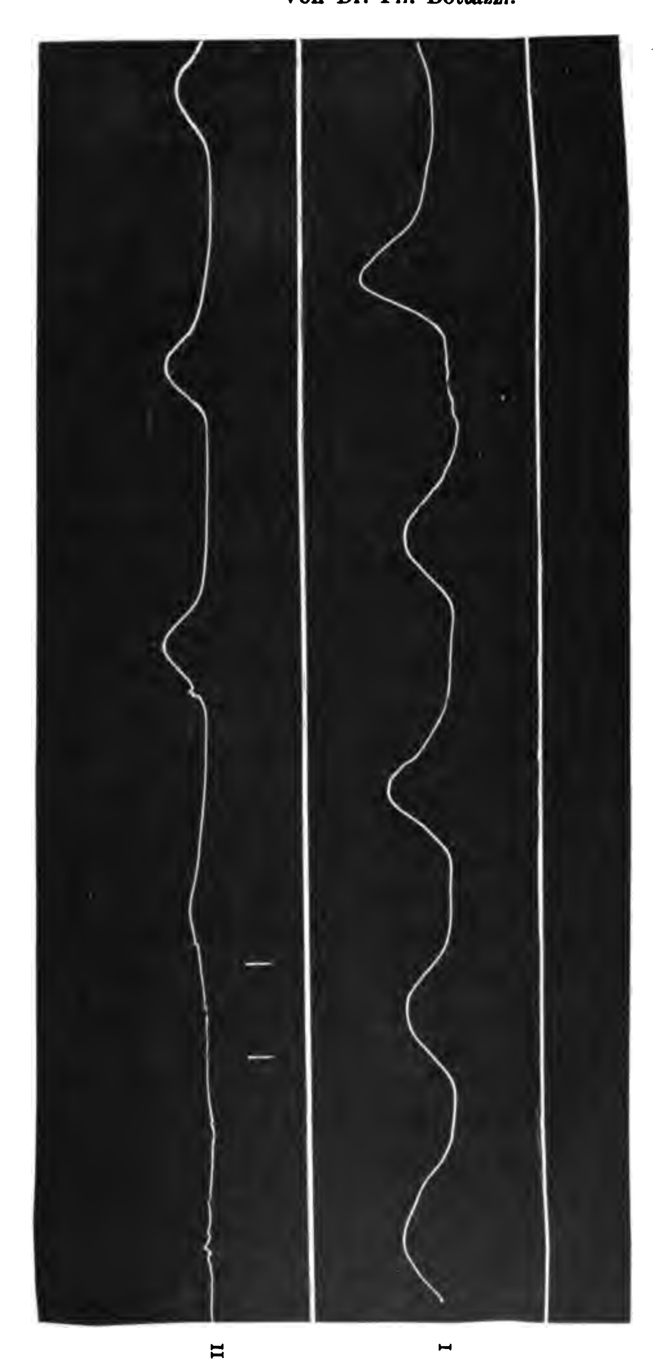


Fig. 13.

26. August 1901. Scyllium stellare. Automatische Bewegungen des Magens (Kurve I unten), aufgezeichnet vermittelst eines in die Magenhöhle eingeführten Ballons. (Kurve II oben.) Bewegungen, hervorgerufen durch Reizung des visceralen Astes des linken Vagus, nachdem der Magen seit längerer Zeit unbeweglich war. 2,5 cm der Kurve entsprechen 1′.

der Zwischenzeit erfolgt, welche den beiden vertikalen, der Abscisse gegenüberliegenden kleinen Linien entspricht.

Der Magen verhält sich also, sowohl durch die automatischen Bewegungen, welche er ausführt, als auch durch die Art und Weise, wie er auf Vagusreize reagiert, wie ein Organ, dessen Wände ausschliefslich aus glatter Muskulatur bestehen. Sodann ist er derjenige Teil des Verdauungsapparates, welcher am wenigsten erregbar ist infolge elektrischer Reize, die man direkt auf seine äufsere Oberfläche einwirken läfst. Dagegen genügt es, wenn man ihn mit Meerwasser übergiefst, das eine etwas geringere Temperatur hat als die der Luft, um deutlich wahrnehmbare peristaltische Bewegungen hervorzurufen.

Aufser diesen thermischen Reizen zeigen sich auch wirksam die vermittelst harter Körper auf die äufsere Oberfläche des Organs ausgeübten mechanischen Reize. Doch haben wir uns mit diesen beiden Arten von Reizen nicht eingehender beschäftigt.

Immer, solange die Muskulatur erregbar ist, antwortet der Magen auf die Reizung der NN. vagi nach einer sehr langen Latenzperiode, selten mit einer einzigen, häufig mit einer Reihe peristaltischer Bewegungen, die meistens in der unteren Partie des Magenrohres oder direkt in der Gegend vor dem Pylorus oder im Pylorus entstehen und sich in Wellen durch das ganze Organ fortpflanzen. Während dieser gastrischen Bewegungen bleibt der Ösophagus immer unbeweglich: die peristaltischen Wellen verschwinden in nächster Nähe der Cardia; im allgemeinen beteiligt sich die Gegend der Cardia nicht an den genannten Bewegungen, ausgenommen in den Fällen, in welchen sie aufsergewöhnlich kräftig sind; deshalb müssen wir glauben, dafs sie der am wenigsten erregbare Teil des ganzen Organs ist.

Nachdem wir den Durchschnitt von weiteren Bestimmungen in Bezug auf ebenso viele regelmäfsige peristaltische Bewegungen in der Gegend des Pylorus berechnet hatten, wo die ringförmige Kontraktion und die Expansion am deutlichsten ausgeprägt waren, haben wir gefunden, dafs die Gesamtdauer einer jeden Bewe-

gung vom Beginn einer Kontraktion bis zu dem der folgenden ungefähr 1' und 13" beträgt. Die konstriktorische Phase brauchte im Durchschnitt ca. 30"—32" und die Expansorische Phase ca. 50"—53". Eine deutlich ausgesprochene Pause beobachtet man nur, wenn der motorische Rythmus wenig häufig ist, aber bei voller Erregung des frischen Organs zeigt sie sich fast gar nicht. Die Intensität der einzelnen Bewegungen ist je nach dem einzelnen Falle mehr oder weniger verschieden, und jedesmal, wenn die Bewegung schwächer ist, breitet sie sich auch auf eine geringere Entfernung vom Orte ihres Entstehens her aus. Läfst die Stärke der Bewegungen nach, so genügt es, von neuem einen der NN. vagi zu reizen, um sie stärker wiederkehren zu sehen, wenigstens so lange das Organ nicht zu erschlaffen beginnt. Es ist jedoch immer ratsam, zwischen einem Reiz und dem folgenden eine ziemlich lange Ruhepause eintreten zu lassen, wenn man es vermeiden will, dafs die Wirkung des Reizes vollständig ausbleibt; diese Ruhepause sollte eigentlich mindestens 10 Minuten betragen. Fast nie kommt die Wirkung der Reizung eines N. vagus derjenigen der Reizung des anderen gleich; bald besitzt der linke, bald der rechte mächtigeren Einflufs auf das Organ.

Nachdem wir den Einflufs der Stämme der beiden NN. vagi auf den Ösophagus und den Magen studiert haben, wollen wir jetzt in Kürze auseinandersetzen, welche Wirkungen wir infolge der Reizung der Ganglien und der NN. sympathici beobachtet haben.

Die Reizung des ersten sympathischen Ganglions oder der Äste, welche davon abzweigen und zum Verdauungsapparat hinziehen, indem sie die Nerven darstellen, welche NN. splanchnici genannt wurden (siehe oben Seite 379), erzeugt heftige peristaltische Kontraktionen des Magens, der Gegend des Pylorus und des dünnen Teiles des Verdauungsapparates, welcher vor der spiralen Partie liegt, niemals aber des Ösophagus, noch auch der Kloake oder des Rectums. Die Gegend, welche am schnellsten und energischsten reagiert, ist diejenige des Pylorus, wo gewöhn-

lich die rhythmischen Kontraktionen zuerst entstehen, und von wo aus sie sich mehr oder weniger weit gegen den Magen einerseits und das Intestinum anderseits ausdehnen, je nach der gröfseren oder geringeren Erregbarkeit dieser letzteren. Auch wenn in den letzten Stadien seines Überlebens das übrige gastroenterische Rohr nicht mehr auf Reize reagiert, zeigt die Gegend des Pylorus noch einige motorische Reaktionen, und sie stirbt immer zuletzt ab.

Mithin ist das Innervationsgebiet des ersten und stärksten sympathischen Ganglions oder der daraus hervorgehenden Nerven der Magen und insbesondere die Gegend des Pylorus. Vielleicht bildet auch das spirale Intestinum einen Teil dieses Gebietes; da es uns jedoch niemals vorgekommen ist, infolge der Reizung jenes Ganglions oder jener Nerven isolierte, von anderen Bewegungen der oberen Teile unabhängige Bewegungen der spiralen Partie zu sehen, so bleibt immer der Zweifel bestehen, ob die gewöhnlich beobachteten Bewegungen nicht eher der Verbreitung der in der Pylorusgegend entstehenden kräftigen Kontraktionswellen zuzuschreiben sind. Gewifs liegen die beiden äufsersten Segmente — der Ösophagus und das Rectum mit der Kloake — vollständig aufserhalb des Gebiets des ersten sympathischen Ganglions.

Auch die elektrische Reizung der präganglionären Äste ruft die soeben geschilderten gastrischen Bewegungen hervor; doch schien es uns, als seien sie weniger energisch, als wenn sie sich auf das Ganglion oder die sog. NN. splanchnici erstreckt.

Eine der interessantesten Beobachtungen, die man machen kann, und in Bezug auf welche wir nicht verfehlten, wiederholte Experimente anzustellen, ist die, zu entscheiden, ob auf die automatischen Bewegungen die Reizung des Vagus und des Sympathicus, und auf die durch Reizung des Vagus bewirkten die Reizung des Sympathicus oder vice versa auf die durch Reizung des Sympathicus bewirkten die Reizung des Vagus irgend welchen Hemmungseinflufs besitze. Leider müssen wir die Frage ungelöst lassen, weil die Resultate unserer Experimente

in ihrer Gesamtheit nicht übereinstimmten und besonders weil sie nie deutlich waren. Zuweilen sahen wir bei Reizung der Osophagusäste des Vagus, derjenigen, welche im eigentlichen Sinne auch den Magen innervieren, während die Gegend des Pylorus lebhafte rhythmische Kontraktionen ausführte, wie diese Kontraktionen aufhörten und eine bemerkenswerte Expansion des Organs und eine lange Pause folgte, und darauf wieder neue rhythmische Kontraktionen; aber viel zahlreicher waren die Fälle, in welchen entweder keine Wirkung oder die entgegengesetzte erfolgte. Jedesmal jedoch, wenn wir nach der Reizung des Vagus den Sympathicus reizten, wuchsen die Bewegungen des Magens immer an Kraft, weit entfernt, an Intensität abzunehmen, so dafs man auf keinen Fall von einer Hemmungseinwirkung des Sympathicus auf die ganze mittlere Partie des Verdauungsapparates reden kann. Übrigens ist es schwer, etwas Zuverlässiges anzuführen, da die wahrnehmbaren Bewegungen so langsam, so unregelmäfsig in ihrem Entstehen, ihrer Dauer und ihrem Verlauf sind. Wie dem auch sein mag, nehmen wir an, dafs die Resultate unserer Untersuchungen wenigstens einige Male deutlicher gewesen wären, wenn eine Hemmungsfunktion bei jenen beiden Innervationssystemen — dem Vagus und dem Sympathicus — gut entwickelt gewesen wäre, wie sie es beim Vagus in Bezug auf das Herz, und wie bei demselben Nerv die motorische Funktion entwickelt ist. So bleibt uns nichts anderes übrig, als zuzugeben, dafs bei diesen niedrigeren Wirbeltieren aufser der Herzhemmung kein anderer Hemmungsmechanismus auf dem Gebiete der visceralen Innervation in gleicher Weise deutlich zu unterscheiden ist, und nicht einmal so deutlich, dafs wir uns mit den Hilfsmitteln, welche uns bei unseren Untersuchungen zu Gebote standen, Klarheit darüber hätten verschaffen können. Zudem hat, wie wir schon oben sahen, nicht einmal die Herzhemmung bei den Selachiern jenen hohen Grad physiologischer Differenzierung erreicht, den sie bei den höheren Wirbeltieren erreicht hat.

Wir führten (auf Seite 389) an, dafs das erste grofse Sympathicusganglion wenige Nervenstränge (präganglionäre) empfängt,

während es grofse Stämme myelinischer Fasern zum Verdauungsapparat sendet. So entstand die Vermutung, dafs viele, vielleicht die meisten postganglionären Fasern ihren ersten Ursprung im Ganglion selbst hätten. Wir besitzen in der Verwendung des Nikotins nach den von J. N. Langley gegebenen Anweisungen ein sicheres Mittel, um zu unterscheiden, ob eine präganglionäre Faser bei Durchkreuzung eines Ganglions durch eine Ganglienzelle geht oder nicht. In unserem Falle aber liefs uns einerseits die Existenz präganglionärer Fasern, wenn sie auch spärlich vorhanden waren, vermuten, die Nikotinprobe würde wenigstens teilweise positiv ausfallen, anderseits sagte uns schon der Umstand, dafs die postganglionären Fasern in ihrer grofsen Mehrheit myelinisiert waren, was bedeuten konnte, dafs genannte Fasern durch das Ganglion gehen, ohne mit Zellen desselben in Konnektion zu treten, dafs wir höchst wahrscheinlich bei keinem Experiment nach Anwendung des Nikotins ein absolutes Fehlen motorischer Wirkung infolge der Reizung der präganglionären Aste erreichen würden. Daher konnte man von den Experimenten nur quantitative Unterschiede in Bezug auf die Intensität der motorischen Reaktionen auf Reizung der präganglionären Aste nach Anwendung des Nikotins erwarten, falls die Anordnung der Fasern des sympathischen Systems im Vergleich mit dem Rückenmark und dem ersten Ganglion die hier und weiter oben von uns angenommene wäre.

Ehe man aber von den bei diesen Experimenten erreichten Resultaten spricht — wir selber haben oft statt die präganglionären Äste, die schwer zu isolieren sind, elektrisch zu reizen, direkt die verschiedenen Segmente des blofsgelegten Rückenmarks oder die ventralen Wurzeln längs ihres kurzen Verlaufes innerhalb des Wirbelkanals gereizt, und das haben wir gethan, um sicherer zu sein, dafs der Reiz nur die präganglionären oder etwa vorhandenen direkten visceralen Fasern spinalen Ursprungs treffe — vorher, sagen wir, mufs man aus diesem Grunde wissen, welches die Wirkungen solcher spinalen Reizungen auf den Verdauungsapparat sind.

Um das Centralnervensystem zu reizen, legten wir es von der dorsalen Fläche aus blofs, indem wir vorsichtig vermittelst eines gut schneidenden Messers die ganze dorsale Hälfte der Wirbelsäule dicht am Marke abtrugen, welches mit seinen Wurzeln intakt an seiner Stelle blieb. Dabei waren uns die Zerstörung vieler für die Muskeln und die Haut bestimmten Nervenstämme gleichgültig. Hierauf trennten wir, durch glatte transversale Schnitte, ohne irgend eine Wurzel zu verletzen, den hinteren Teil des verlängerten Marks von dem ganzen übrigen Gehirn nach vorne, und vom Rückenmark nach hinten, und dieses letztere teilten wir auch noch oft in mehrere Segmente, um es zu vermeiden, dafs z. B. auf die höher gelegenen Segmente ausgeübte Reize sich im übrigen Teile des Nervenapparates verbreiteten und im ganzen Körper des Tieres Kontraktionen erregten. Nachdem dies geschehen und das Tier am Halter in senkrechter Lage aufgehängt worden war, beobachteten und verzeichneten wir, während ein anderer diese oder jene Partie des Nervenapparates reizte, die Wirkungen, welche bei den Eingeweiden erfolgten, die wir durch weite Eröffnung der Bauchwand blofsgelegt hatten. Indem wir das übergehen, was sich auf das Herz bezieht, von dem wir schon anderswo gesprochen haben, wollen wir bemerken, dafs, was den Ösophagus und den Magen betrifft, die Reizung des verlängerten Marks allein, d. h. vielmehr jener Partie, aus welcher die NN. cranici X und XI entspringen, identische, ja noch deutlicher wahrnehmbare Wirkungen hervorbringt, weil sie mit einer gleichzeitigen Reizung beider Nervenstämme gleichbedeutend ist als jene oben beschriebenen, d. h. heftige und schnelle Kontraktion der kreisförmigen Muskulatur des Ösophagus und nach längerer Pause peristaltische Bewegungen im ganzen Magen, die sich auch auf das spirale Intestinum übertragen, aber namentlich in der Gegend des Pylorus deutlich ausgeprägt sind.

Die Reizung des oberen Segments des Rückenmarks, das unmittelbar auf das verlängerte folgt, aber von diesem und von dem übrigen Rückenmark getrennt ist — eines Segments, welches so lang wäre, dafs es ungefähr den Ursprung der ersten acht

oder zehn Spinalnerven umfafst — diese Reizung ruft im gastroenterischen Rohr den vorher angedeuteten ähnliche, nur weniger starke und andauernde Bewegungen hervor; aufserdem Bewegungen des Ösophagus, welche in einem Aufsteigen des ganzen Organs zu bestehen scheinen, begleitet von schwacher Kontraktur seiner kreisförmigen Muskulatur. Das Aufsteigen des Ösophagus, welches sich überdies auch in der Gegend der Cardia bemerkbar machte, hat wahrscheinlich seinen Grund in Erregung und Kontraktion der longitudinalen Muskulatur des Rachens oder der äufseren des eigentlichen Ösophagus in gewisser Hinsicht. Und dennoch mufs diese Bewegung des Ösophagus in toto, welche beim lebenden Tier sich in einem Vorrücken des Ösophagusrohres über den in entgegengesetzter Richtung weiter vordringenden Bissen ausdrücken wird, dem Verschlucken des letzteren sehr förderlich sein. Für uns ist es aber von Wichtigkeit, hier zu bemerken, dafs man, da das gereizte Spinalsegment glatt vom verlängerten Mark getrennt ist, und die elektrische Reizung auf die erwähnte Weise so vorgenommen wurde, dafs sie keinen peripherischen Ast der Gruppe X—XI der NN. cranici traf, gezwungen sein wird, zuzugeben, dafs die beschriebenen motorischen Wirkungen sich infolge solcher Impulse vollziehen, die in den ventralen Wurzeln der ersten acht oder zehn Spinalnerven verlaufen, d. h. in visceralen spinalen Fasern, von denen wir noch nicht wissen, ob sie durch die Sympathicusganglien hindurchgehen oder nicht, und wenn dies der Fall ist, ob sie mit Ganglienzellen in Verbindung treten oder nicht.

Dies werden uns die mit Nikotin angestellten Experimente lehren.

Zuerst wollen wir aber hinzufügen, dafs, wie wir bald sehen werden, die Gegend des Rückenmarks, aus welcher die Nerven XLV—XLVII entspringen, der Sitz des motorischen Centrums im Rectum ist, welches, wie schon bemerkt, eine von der bis jetzt besprochenen völlig unabhängige Innervation besitzt, und dafs auch sehr starke Reize, die auf die ganze spinale Partie ausgeübt werden, welche zwischen dem vorher studierten oberen Segment und diesem Centrum des Rectums

liegen, keine sichtbare Wirkung auf die Baucheingeweide ausüben, wenn sie auch kräftige Zuckungen der Körpermuskulatur und Bewegungen der vorderen Flossen und andere ähnliche hervorrufen. Kann man da zugeben, dafs von jener ganzen langen Spinalpartie keine visceralen Fasern ausgehen? Man könnte es nur schwer zugeben; aber vielleicht werden sie anderen, nicht motorischen Funktionen dienen, welch letztere wir allein studiert haben, vielleicht auch werden sie die dünne Muskulatur mit Nerven versehen, welche die Autoren beim Ductus choledochus und bei der Gallenblase annehmen, und die der vorderen Teile der Urogenitalkondukte; lauter Kondukte, bei denen insgesamt wir niemals Gelegenheit hatten, eine auch nur schwache Kontraktionswelle hindurchziehen zu sehen; noch weniger ist es gelungen, letztere durch sehr starke auf dieselben direkt applizierte elektrische Reize in ihnen hervorzurufen.

Bei einer ersten Reihe von Versuchen haben wir die Nikotinlösung dem noch lebenden Tier durch eine A. branchialis injiziert. Nachdem wir hierauf schnell das Rückenmark blofsgelegt und von dem verlängerten Mark getrennt, einen der NN. vagi präpariert und den Bauch des Tieres geöffnet hatten, reizten wir das obere Segment des Rückenmarks; sofort zeigten sich deutlich wahrnehmbare peristaltische Bewegungen des Magens, die am ausgeprägtesten in der Gegend des Pylorus waren. Dieselbe Wirkung beobachteten wir bei diesem und bei anderen Experimenten, wenn wir nacheinander ohne merkliche Unterbrechungen diejenigen Äste reizten, welche die präganglionären des ersten Sympathicusganglions zu sein schienen. Offenbar gelangt also wenigstens ein Teil der visceralen Fasern spinalen Ursprungs zum Verdauungsapparat, ohne unterwegs mit Ganglienzellen in Verbindung zu treten. Aber die motorischen Wirkungen waren stets weit höher, wenn die sog. NN. splanchnici gereizt wurden; die dadurch im Magen, in der Gegend des Pylorus und selbst in der vorderen Partie des spiralen Teiles entstehenden Bewegungen erinnerten an diejenigen, welche man durch Reizung des N. vagus oder des verlängerten Marks erhalten konnte.

Bei anderen Experimenten wurden die Sympathicusganglien, nachdem sie beiderseits blofsgelegt, und alle anderen Organe auf die gewohnte Weise präpariert worden waren, mit 2 proz. Nikotinlösung (in Meerwasser) wiederholt eingepinselt; zuvor hatten wir uns durch einige Proben von den befriedigenden Erregbarkeitsbedingungen des Verdauungsapparates überzeugt. Fast immer erregte die Einpinselung mit Nikotin — wir glauben nicht durch mechanische Reizung, da sie so leicht ausgeführt wurde, sondern durch die direkte reizende Einwirkung des Giftes — lebhafte Bewegungen des Verdauungsapparates. Diese Thatsache beobachteten wir auch jedesmal, wenn wir, um sie schwarz zu färben, die Ganglien und die mit ihnen in Verbindung stehenden Nerven mit einer Lösung von Osmiumsäure oder mit Hermannscher Flüssigkeit übergossen.

Nachdem diese durch die unmittelbare Einwirkung des Alkaloids hervorgerufenen Bewegungen aufgehört hatten, gewährten wir eine kurze Ruhepause und begannen dann bald die präganglionären Äste, bald die Ganglien selbst, bald die postganglionären Äste zu reizen. Bei diesen Experimenten machten wir die Beobachtung, dafs kurze Zeit nach der Einwirkung des Nikotins die Reizung irgend eines der präganglionären Äste entweder keine Wirkung hervorbrachte oder eine kaum wahrnehmbare, die in einigen sehr schwachen Kontraktionen in der Pylorusgegend des Magens bestand, von wo aus sie sich jedoch nicht weiterhin fortpflanzte. Dagegen bewirkte die Reizung der Ganglienmasse oder der postganglionären Äste stets kräftige peristaltische Bewegungen des Verdauungsapparates, wie vor der Einwirkung des Nikotins. Es scheint also wahrscheinlich, dafs ein Teil der präganglionären Fasern im Ganglion in Beziehungen zu den Zellen desselben tritt, weil das Nikotin die Nervenleitung in den Zellen unterbricht, während andere Fasern das Ganglion durchkreuzen, ohne mit den Zellen desselben in Beziehungen zu treten.

Hier mufs sogleich die vorher beschriebene Thatsache betont werden, dafs nach der Einwirkung des in den Kreislauf des Blutes injizierten Nikotins die Reizung der oberen Partie des

Rückenmarks deutlicher wahrnehmbare Bewegungen des Magens hervorruft als diejenigen sind, welche durch Reizung der präganglionären Äste infolge der direkten Intoxikation des Ganglions durch Nikotin hervorgerufen werden. Dies würde zu der Vermutung berechtigen, dafs ein Teil der visceralen Fasern nicht vermittelst des Ganglions oder der NN. splanchnici zum Magen gelangte. Diese Annahme wird aber gleich als wenig gerechtfertigt erscheinen, wenn man bedenkt, dafs es unmöglich ist, gleichzeitig alle präganglionären Äste zu reizen, während alle oder fast alle visceralen Fasern erregt werden, wenn die elektrische Reizung direkt das Rückenmark trifft. Höchst wahrscheinlich ist dies die Ursache, weshalb die infolge der Reizung einiger präganglionärer Äste beobachteten Bewegungen weniger deutlich wahrnehmbar sind. Wenn übrigens alle präganglionären Fasern mit den Zellen im Ganglion in Verbindung träten, so dürfte die Reizung dieses oder jenes präganglionären Astes auf keinen Fall nach der Einwirkung des Nikotins Kontraktionen des Magens, nicht einmal schwache, hervorrufen. Und da sie dieselben hervorruft, wenn sie auch weniger deutlich wahrnehmbar sind, als die infolge desselben Reizes vor der Einwirkung des Nikotins beobachteten, so kann man mit gutem Recht vermuten, dafs nur ein Teil der präganglionären Fasern in Beziehungen zu den Zellen des Ganglions tritt.

Mithin können wir uns die Anordnung der spinalen visceralen Fasern mit Rücksicht auf den Ort ihres Ursprungs, die Beziehungen zu den Sympathicusganglien und ihre Verteilungsgebiete auf Grundlage unserer Untersuchungen und der anatomischen und histologischen Kenntnisse, die wir schon besitzen, folgendermafsen wieder vorstellen. Aus dem oberen Segment des Marks mit Einschlufs der Kerne der ersten zehn oder fünfzehn NN. spinales entspringen die den Verdauungsapparat innervierenden visceralen Fasern, vom oberen Ende des Magens (excl. Ösophagus) an bis zum gewundenen spiralförmigen Intestinum (excl. rectum). Wir können nicht behaupten, dafs sie alle durch die ventralen Wurzeln gehen, da bei unseren Experimenten die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, dafs wenigstens ein Teil

derselben durch die dorsalen Wurzeln ging. Es ist wahrscheinlich, aber nicht bewiesen, daſs von diesen visceralen Fasern spinalen Ursprungs einige zum Verdauungsapparat gelangen, ohne durch die Sympathicusganglien zu gehen; zur völligen Aufklärung dieser Frage müſsten weitere Untersuchungen angestellt werden. Von den anderen, welche das erste groſse Sympathicusganglion durchziehen, tritt ein Teil in Beziehungen zu den Zellen des Ganglions, und diese Beziehungen sind von derselben Natur wie bei den Sympathicusganglien der höheren Wirbeltiere angenommen, weil das Nikotin einen ähnlichen Einfluſs auf dieselben ausübt; einige dagegen scheinen das Ganglion frei zu durchkreuzen. Im Gegensatz aber zu dem, was man bei den höheren Tieren annimmt, muſs man bei den Selachiern annehmen, daſs ein groſser Teil der visceralen Fasern aus Zellen entsteht, die im Ganglion selbst liegen, welches so, wenigstens teilweise, als ein selbständiges Centrum für die viscerale Innervation zu betrachten wäre. Dasselbe wäre, was einen Teil seiner Masse betrifft, wie eine Gruppe spinaler Zellen auſserhalb des Marks gelegen, gleichsam ein intraspinales Centrum, das extraspinal geworden wäre. Dies kann man aber ursprünglich von allen Ganglienzellen des Sympathicus sagen. Die Frage ist jedoch anders zu formulieren, d. h. ob die visceralen Fasern den Ursprung verleihenden Ganglienzellen in unserem Falle zu anderen spinalen Zellen in Beziehungen treten, oder ob sie unabhängig sind, mit anderen Worten, ob alle visceralen Leitungsbahnen spinalen Ursprungs bei den Selachiern, um in der Sprache der Neuronisten zu reden, aus zwei Neuronen bestehen: dem ersten, dem spino-gangliaren, dem zweiten, dem ganglio-visceralen. Dieser Zweifel kann nur durch histologische Forschungen gelöst werden. Daſs die postganglionären Fasern viel zahlreicher sind als die präganglionären, könnte man durch die Annahme erklären, daſs eine jede der präganglionären Fasern mit mehreren Ganglienzellen in Verbindung tritt, aus welchen dann mehr postganglionäre Fasern entständen, so daſs einer präganglionären Faser verschiedene postganglionäre entsprächen. Allerdings bewirkt die Reizung der präganglionären Äste und des Rückenmarks

niemals motorische Wirkungen, die so deutlich wahrnehmbar wären wie diejenigen, welche auf die Reizung der splanchnischen Äste hin erfolgen. Anderseits aber ist es klar, dafs, während man bei Reizung des Bündels der splanchnischen Äste alle visceralen Fasern auf einmal reizt, es schwierig, vielleicht unmöglich ist, gleichzeitig alle präganglionären und alle vorderen spinalen Wurzeln zu reizen, welche viscerale Fasern enthalten. Da dies sich so verhält, so wäre der Unterschied in den Ergebnissen eher einem numerischen Unterschied der in beiden Fällen gleichzeitig gereizten Fasern zuzuschreiben.

Wir sagten schon, der Ösophagus, wenigstens seine ringförmige Muskulatur, liege zum gröfsten Teil aufserhalb der sog. spinalen Innervation und gehöre eigentlich zum Gebiet des X. N. encephalicus. Aufser dem Ösophagus gehören auch das Herz und der Kiemenapparat, möglicherweise auch die Blutgefäfse des Kopfes zum Gebiete der efferenten, in der Gruppe der Wurzeln des XI. und XII. N. cranicus enthaltenen Fasern. Aus den encephalischen Centren entspringen also viscerale Fasern für das Herz und den Ösophagus; inhibitorische für das erstere, motorische für letzteren. Es ist uns nicht gelungen, eine andere Innervation als diese für das Herz nachzuweisen. Was den Ösophagus betrifft, so ist es auch sehr zweifelhaft, ob aus dem oberen Segment des Rückenmarks motorische Fasern abzweigen; wir können sogar mit Sicherheit behaupten, dafs für die quergestreifte Muskulatur dieses Organs keine abzweigen. Von Hemmungsfasern des Ösophagus haben wir nie eine Spur gefunden, weder in den encephalischen noch in den spinalen Nerven. Bis jetzt haben wir also keinen einzigen Fall doppelter — encephalischer und visceraler — Innervation von antagonistischer Natur gefunden, wie sie sich häufig bei den höheren Wirbeltieren findet. Das Herz hätte nur eine encephalische Hemmungsinnervation; der Ösophagus besäfse vielleicht eine doppelte, aber mit solchem Überwiegen der encephalischen über die spinale, dafs wir diese letztere niemals deutlich und sicher nachweisen konnten; beide wären aber von derselben, nämlich motorischer, Natur. Dasselbe läfst sich von dem ganzen übrigen

Verdauungsapparat sagen, daſs er eine encephalische und spinale, aber immer motorische Innervation besitzt, wenigstens so weit die Resultate unserer Untersuchungen es beweisen; denn nicht einmal beim Magen und der Pylorusgegend desselben ist es uns gelungen, mit Sicherheit die Existenz einer Hemmungsinnervation nachzuweisen. Dies mag auffallend erscheinen, aber es ist wahr; nur hatten unsere experimentellen Verhältnisse — die hohe äuſsere Temperatur und die deshalb leicht eintretende Erschöpfung der Eingeweide, vielleicht auch die Unzulänglichkeit der Mittel, deren wir uns bedienten — uns verhindert, die erwähnte viscerale Hemmungsinnervation klar darlegen zu können.

C. Das hintere Ende des Verdauungsapparates, Uterus, Kloake etc.

Wir bemerkten schon, daſs während der Reizungen der NN. vagi oder der höheren (vorderen) Partien des Rückenmarks nie Bewegungen der Endteile des Verdauungsapparates beobachtet wurden. Die von der Pylorusgegend ausgehenden, sich nach oben und unten verbreitenden Kontraktionswellen erstrecken sich höchstens auf das ganz spirale Intestinum, jenseits desselben aber verschwinden und erlöschen sie. Nicht einmal die Reizungen der vorderen Sympathicusganglien ergaben je positive Resultate. Um Bewegungen des Rectums zu erlangen, muſsten wir das Mark in der Höhe des XLV. bis XLVIII. Nerven reizen; es sind peristaltische Bewegungen, die am Beginn des Intestinum terminale anfangen und sich gegen das anale Ende hin fortpflanzen. Ob die Nervenfasern durch irgend eines der Ganglien der hinteren Gruppe gehen, wie es höchst wahrscheinlich der Fall ist, können wir nicht angeben. Sicher haben diese Fasern keine Beziehung zu irgend einem der Ganglien der vorderen Gruppe.

Die Selbständigkeit der Innervation des caudalen Endes des Verdauungsapparates verdient bei diesen wie bei allen anderen Tieren hervorgehoben zu werden.

Weiter unten in derselben Spinalgegend befindet sich das Centrum, dessen Reizung bei der trächtigen Torpedo energische Kontraktionen der beiden Uterustaschen und Ausstoſsung der kleinen Foeti bewirkt. Die Kontraktionen beginnen in den

Wänden der Kloake und verbreiten sich von hier aus durch den kurzen Stiel, vermittelst dessen jede Uterushöhle mit der Kloake in Verbindung steht, zu den Uteruswänden hin. Zu wiederholten Malen gelang es uns, durch kurze Tetanisationen des vorhin erwähnten spinalen Segments bei der Torpedo die Geburt herbeizuführen. Bei jeder Reizung zeigte sich eine deutlich wahrnehmbare Kontraktur der longitudinalen Muskulatur des Stiels, begleitet von Erweiterung des Verbindungskanals, durch welchen, vorwärts gedrängt durch die Kontraktionen des corpus uteri, ein Fötus nach dem anderen zugleich mit seinem Dottersack, der je nach dem Alter des Fötus mehr oder weniger grofs war, ausgestofsen wurde.

D. Die Begattungsorgane.

Der Erste, welcher sich systematisch mit diesen seltsamen Anhängen einiger männlichen Selachier beschäftigte, war Petri[1]), der die Anatomie derselben gründlich studierte und auf ihre wahrscheinlichste Funktion hinwies. In neuerer Zeit haben sich auch Jurgensen[2]) und Huber[3]) damit beschäftigt, ohne aber dem von Petri Gesagten viel neues hinzuzufügen. Wer die ziemlich komplizierte Anatomie des Organs kennen lernen will, der lese die Arbeit dieses letzteren. Wir wollen daraus nur das berichten, was er über die wahrscheinlichste Funktion der Organe sagt. Der Verfasser glaubt, »dafs die Pterygopodien vor allem als dilatatorische Organe bei der Begattung dienen, und aufserdem besonders bei den Rochen, deren Körperform eine raschere Bewegung erschwert, auch als Lokomotionsorgane fungieren . . .»

»Die Organe werden in die Vagina eingeschoben, was durch ein Zusammenfallen des Dilatators, wodurch der Umfang auf das geringste reduziert wird, und durch eine in der Brutzeit

1) Petri, Die Copulationsorgane der Plagiostomen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1878, Bd. XXX, S. 288—335.

2) H. Jurgensen, On the Appendices genitales in the Greenland Shark, Somniosus microcephalus (Bl. Schn.) and other Selachiars. The Danish Ingolf Expedition 1899, II, No. 2.

3) O. Huber, Mitteil. zur Kenntnis der Copulationsglieder bei den Selachiern. Anat. Anz. 1901, XIX, No. 12, p. 299.

aufsergewöhnliche Weite der Kloakenöffnung ermöglicht wird; sie werden, nachdem ihnen durch die Beuger vorn eine geeignete Stellung gegeben ist, so weit eingeschoben, dafs die hintersten, nun vordersten Enden der Pterygopodien bis in die Mündungen der Eileiter gelangen. Hier angelangt, wird durch Verkürzung des M. oder MM. dilatatores das Pterygopodium ausgebreitet, wodurch natürlich die Öffnung der Eileiter vergröfsert wird; zugleich vermag das Männchen das Weibchen näher an sich zu ziehen, es wird die beim Männchen vorhandene Papille, auf welcher die Samenleiter ausmünden, aus der Kloake vorgestülpt, und zwischen den Pterygopodien hindurch in die Vagina geprefst und der Samen in die Kloake des Weibchens ergossen; . .

Nach Verrichtung der Begattungsgeschäfte wird der Dilatatormuskel wieder verlängert, das Pterygopodium klappt zusammen, zusammengezogen durch die Elasticität seiner Häute und die gespannten Knorpel, und kann nun wieder ausgezogen werden.«

Das die Bewegungen dieser Organe dominierende und koordinierende spinale Centrum liegt in der hinteren Gegend des Marks, hinter demjenigen, welches die Bewegungen des Rectums und der Kloake beherrscht, und erstreckt sich ungefähr vom LX. bis zum LXX. Paar der NN. spinales.

Vermittelst langsam vom vorderen zum hinteren Teile genannten Segments verlaufender Reizungen erhält man eine Aufeinanderfolge von Bewegungen der beiden kopulatorischen Anhänge, die der Beschreibung Petris vollkommen entsprechen. Zuerst findet Anschwellung und Erektion der Organe statt, und sie entfernen sich von den Wänden des Körpers; dann entfaltet sich weit ihr freies, nach Art eines Schröpfkopfes geformtes Ende, und von seiner inneren Oberfläche beginnt ein klebriges, fadenziehendes, weifsliches Sekret zu tröpfeln; endlich kreuzen sich beim Höhepunkte der Erregung die beiden so angeschwollenen und erweiterten Anhänge längs der Medianlinie wie zu einer Umarmung. Hat die Reizung aufgehört, so werden die Anhänge langsam dünner, sie verlängern sich und fallen schlaff wieder in ihre Ruhelage zurück. Diese von uns gemachten experimentellen Beobachtungen bestätigen vollkommen die von

Petri über die Bedeutung und Funktion der Anhänge beim Begattungsakt ausgesprochenen Ansichten. Dafs durch das Experiment die Einführung jener Organe in die Vagina und das Festhalten des Weibchens demonstriert werde, kann man nicht verlangen; die Bewegungen aber, welche sie während der spinalen Reizungen ausführen, und namentlich die Ordnung, in welcher die erwähnten Bewegungen aufeinander folgen, machen die ihnen von Petri zugeschriebene Funktion sehr wahrscheinlich.

IV. Allgemeine Betrachtungen und Schlufsfolgerungen.

Aus diesen unseren Untersuchungen über die viscerale Innervation der Knorpelfische ergeben sich die folgenden speziellen Hauptschlufsfolgerungen:

1. Die durch Reizung des visceralen Astes des N. vagus und der Medulla oblongata bewirkte Hemmung des Herzens besteht in einem Aufhören seiner Bewegungen, welches konstatiert werden kann, sobald die Reizung genügende Intensität erreicht hat. Wir konnten weder Seltenerwerden der Herzschläge, noch Verminderung der Höhe der Systolen, noch auch Vermehrung der Höhe der dem Stillstand folgenden systolischen Kontraktionen beobachten, wenn wir auch noch so sehr die Intensität des Reizes stufenweise zu erhöhen gesucht hatten.
2. Wir konnten weder eine Beschleunigung der Herzschläge noch eine Steigerung ihrer Stärke beobachten, wenn wir das grofse Sympathicusganglion auf beiden Seiten oder die obere Partie des Rückenmarks reizten.
3) Die Reizung der vorne vom übrigen Gehirn und hinten vom Rückenmark isolierten Medulla oblongata bewirkt bei gleichzeitiger Herzhemmung exspiratorischen Krampf; die Reizung des oberen Segments des ebenfalls isolierten Rückenmarks erregt inspiratorischen Krampf.
4) Die Herzhemmung infolge Reizung der Medulla oblongata kann deutlich wahrnehmbar auch bei mittelmäfsig entwickeltem Fötus der Torpedo bewirkt werden.

5. Die Reizung der Medulla oblongata oder des visceralen Astes des N. vagus bewirkt starke Kontraktionen der kreisförmigen Muskulatur des Ösophagus. Die Einzelheiten der Ösophaguskontraktionen verdienen, dafs man sich damit bekannt macht; wir müssen aber bezüglich derselben den Leser auf den Text vorliegender Arbeit verweisen.

6. Weder die Reizung des ersten Sympathicusganglions noch die des oberen Segments des Rückenmarks erregt deutlich wahrnehmbare Kontraktion oder Hemmung der eigentlichen Muskulatur des Ösophagus.

7. Das erste Sympathicusganglion und die obere (oder vordere) Partie des Rückenmarks, welches den Ursprung der ersten zehn bis fünfzehn NN. spinales umfafst, innervieren die Muskulatur des Magens einschliefslich der langen Pyloruspartie des letzteren, sowie einen Teil oder vielleicht die ganze spirale Partie des Verdauungsapparates mit motorischen Fasern. Diese Teile des Verdauungsapparates erhalten auch aus dem visceralen Ast des N. vagus motorische Fasern. Der Magen und das Intestinum besitzen also eine doppelte motorische Innervation vom Vagus und Sympathicus her. Aufser der motorischen Innervation konnten wir eine inhibitorische irgend welchen Ursprungs bei den genannten Teilen des Verdauungsapparates nicht zweifellos aufweisen.

8. Auf Grund der mit Nikotin vorgenommenen Experimente erscheint es sehr wahrscheinlich, dafs ein gewisser, übrigens je nach den einzelnen Individuen variabler Teil präganglionärer visceraler Fasern durch die Sympathicusganglien geht, ohne in denselben mit Ganglienzellen in Verbindung zu treten. Diese Fasern würden gleichsam einen Rest direkter visceraler Innervation darstellen, d. h. einer solchen, welche vermittelst efferenter Fasern geschieht, die vom Mark aus zu den Eingeweideorganen gelangen, ohne unterwegs mit Ganglienzellen in Ver-

bindung zu treten, wie es ja gewöhnlich in ähnlicher Weise bei den wirbellosen Tieren der Fall ist.

9. Da es nicht möglich ist, die Sympathicusganglien der zweiten Gruppe direkt zu reizen, so können wir nicht sagen, ob durch sie die den Endabschnitt des Intestinums, die Kloake, den Uterus der Torpedo etc. innervierenden Fasern hindurchgehen. Nur das haben wir konstatieren können, dafs diese Organe lebhafte Bewegungen zeigen, wenn man das spinale Segment reizt, aus welchem ungefähr die Nerven XLV—XLVIII entspringen.
10. Es ist wahrscheinlich, dafs aufser dem ersten grofsen Ganglion auch die anderen kleineren Ganglien der vorderen Gruppe sich an der Innervation des gastro-enteritischen Rohres (spec. des spiralen Abschnittes) und anderer Kanäle beteiligen, die Muskelwandungen besitzen (Ductus choledochus, D. genito-urinarius etc.). Aber die Kleinheit dieser Ganglien, die Unmöglichkeit, behufs physiologischer Experimentation die äufserst dünnen Nervenfäden zu isolieren, welche die winzigen Ganglien tragen und daraus hervorgehen, sowie die ganz schwache Erregungsfähigkeit jener Kanäle vereitelten alle Versuche, die wir anstellten, um uns bestimmte Kenntnisse bezüglich des Innervationsgebietes dieser kleinen Ganglien zu verschaffen.
11. Obgleich die Kopulationsorgane der Selachier keine eigentlichen visceralen Organe sind, so haben wir doch ihre Innervation studiert, weil sie der Befruchtungsfunktion dienen, und wir haben gefunden, dafs das motorische und koordinatorische Centrum für die Bewegungen dieser Anhänge in der Partie des Rückenmarks seinen Sitz hat, aus welchem ungefähr die Nerven LX—LXX entspringen.
12. Zwischen der oberen Partie des Rückenmarks, welche die ersten 12—15 Nerven umfafst, und der Partie, aus welcher die für das Rectum, die Kloake und die Wände der Uterustaschen bei der Torpedo bestimmten

motorischen Fasern entspringen, existiert eine lange Strecke des Rückenmarks, deren Reizung, ob sie nun nach mehr oder weniger kurzen Segmenten oder dem Verlaufe derselben folgend, unternommen wurde, uns kein positives Resultat bezüglich der Eingeweideorgane ergeben hat. Im Text haben wir über die in dieser Absicht unternommenen Experimente nicht berichtet, weil sie uns eben ein konstant negatives Resultat ergaben, das wir hier in Kürze angeführt haben.

Auf Grund seiner eigenen anatomischen Untersuchungen, wie derjenigen der früheren Autoren entwirft Chevrel folgendes Schema der philogenetischen Entwickelung des sympathischen Nervensystems:

«Les premiers ganglions proviennent directement des ganglions spinaux, dont ils se séparent.

Ils entrent ensuite en relation avec les nerfs dorsaux ou avec les nerfs ventraux rachidiens, et plus tard avec les nerfs mixtes;

Ils sont complètement indépendants les uns des autres et confinés dans la partie abdominale du corps;

De chacun d'eux partent un certain nombre de filets qui se rendent aux viscères de cette région;

Les ganglions profonds apparaissent déjà sur le trajet de ces nerfs;

Plus tard, les ganglions les plus antérieurs s'unissent par des connectifs qui constituent ainsi un commencement de cordon latéral; chaque ganglion se divise généralement en plusieurs petites masses;

En même temps, les nerfs de l'intestin se rapprochent et se fusionnent, ainsi que les ganglions dont ils naissent, pour constituer le nerf splanchnique;

Les premiers nerfs rachidiens, qui étaient restés étrangers à la formation du sympathique, lui envoient des racines;

Le cordon latéral s'étend plus en arrière;

Puis le cordon pénètre dans la région crânienne, il entre en rapport avec le X[e] dont il reçoit les racines et auquel il envoie des filets;

En arrière, il s'unit avec celui du côté opposé pour former un plexus d'où naissent deux nerfs qui vont se ramifier dans le canal caudal; cette région et la région crânienne ne possèdent pas encore de ganglions apparents;

Le cordon s'accuse davantage, pendant que le nerf splanchnique de gauche s'unit à celui de droite avant d'aller trouver l'artère cœliaque;

Enfin, le cordon, parfaitement différencié, s'avance jusqu'au Ve, présente sous ce nerf et sous les nerfs crâniens suivants, des ganglions nettement formés qui reçoivent des racines, émettant des filets à l'instar des ganglions abdominaux.

En arrière, les deux cordons généralement distincts, mais quelquefois soudés en un tronc médiane, se continuent dans le canal caudal, offrant sur leurs parcours de nombreux ganglions qui, tous, ont des relations avec les nerfs rachidiens de la région caudale.

Une fusion plus intime s'opère entre les deux nerfs splanchniques. Au lieu de se réunir simplement pour constituer un unique faisceau ils se jettent l'un et l'autre dans un gros ganglion dont ils deviennent les racines. C'est de ce ganglion que naît le véritable nerf splanchnique.«

Dieses einzig und allein auf morphologischen Angaben aufgebaute Schema kann nicht als vollkommen genau betrachtet werden; es ist aber auch noch nicht möglich, die Verbesserungen und Zusätze anzugeben, die dazu geeignet wären, es der Wirklichkeit entsprechend und vollständig zu gestalten. Dies wird erst dann möglich sein, wenn die von uns begonnenen Untersuchungen von uns selbst oder von anderen zu Ende geführt oder wenigstens auf jene Stufe der Entwickelung gebracht sind, welche durch die Bemühungen J. N. Langleys und seiner Mitarbeiter die Untersuchungen über den Sympathicus bei den Säugetieren erreicht haben.

Einstweilen wollen wir hier nur einige allgemeine Thatsachen hervorheben.

Bekanntlich entspringen bei den höheren Wirbeltieren die Fasern, welche später die das Herz innervierenden kleinen Sym-

pathicusäste bilden, hauptsächlich aus dem II., III. und IV. N. thoracicus, während aus der Medulla cervicalis keine sympathischen Fasern hervorgehen. Nun haben wir bei den Selachiern gesehen, dafs die ersten aus dem oberen Rückenmark hervorgehenden visceralen Fasern nicht das Herz oder den Ösophagus innervieren, sondern sich zum Magen begeben und in gröfserer Anzahl zur Pylorusgegend des Magens, wenn man dies nach den am deutlichsten wahrnehmbaren Wirkungen der Reize beurteilt. Nach diesen von uns erreichten Resultaten würde also den Selachiern jene ganze Partie des Sympathicus fehlen, die bei den anderen Wirbeltieren zur Innervation des Herzens bestimmt ist. Und weil die sympathischen Fasern für den Magen, die Pylorusgegend und das Duodenum bei den höheren Wirbeltieren aus den übrigen Thoraxwurzeln entspringen, so mufs man daraus folgern, dafs bei den Knorpelfischen die viscerale Innervation mit der dieser entsprechenden Partie beginnt; diese Innervation ist man daher vollkommen berechtigt, eine abdominale zu nennen.

Was den Ösophagus betrifft, so haben zuerst Waters[1]) und später Steinach und Wiener[2]) beim Frosche Kontraktionen desselben beobachtet infolge von Reizungen des III. und IV. N. spiralis (und zwar reizte ersterer die vorderen, letzterer die hinteren Wurzeln). Jedoch konnte später Horton-Smith[3]) die Resultate der erwähnten Autoren nicht bestätigen; er schlofs aus gewissen Untersuchungen, welche er in dieser Hinsicht anstellte, dafs beim Frosche der Ösophagus nur vom N. vagus aus motorische Fasern erhalte. Zwei Jahre später dagegen, als wir bei der Kröte denjenigen Nervenstamm reizten, welcher, wie Gaskell[4]) gezeigt hatte, die verstärkenden und beschleunigenden Fasern für das

---

1) V. H. Waters, Some vaso-motor functions of the spinal nerves in the frog. Journal of Physiol. 1885, VI, p. 460.

2) E. Steinach u. H. Wiener, Motorische Funktionen hinterer Spinalnervenwurzeln. Pflügers Archiv 1895, Bd. XL, S. 593.

3) R. J. Horton-Smith, On efferent fibres in the posterior roots of the frog. Journal of Physiol. 1897, XXI, p. 101.

4) W. H. Gaskell and H. Gadow, On the anatomy of the cardiac nerves in certain cold-blooded vertebrates. Journ. of Physiol. 1884, V, p. 362.

Herz des Frosches und der Kröte enthält, gelang es uns[1]), deutlich wahrnehmbare kontraktorische Wirkungen am aufgehängten Ösophagus zu erhalten, welche wir auch graphisch aufzeichnen konnten.

Bei den Knorpelfischen dagegen ergab uns weder die Reizung des ersten Sympathicusganglions noch diejenige der oberen Medulla spinalis in Bezug auf den Ösophagus zuverlässige positive Resultate; man müfste also bis zum Beweis des Gegenteiles annehmen, dafs bei diesen Tieren, wie bei denselben die sympathische Innervation des Herzens fehlt, gleichfalls die des Osophagus fehle. Anderseits wäre es nicht allzu auffallend, wenn die quergestreifte Natur der Ösophagusmuskulatur eine sympathische Innervation ausschlösse. Um diesen Zweifel zu lösen, müfste man vergleichend die Ösophagusinnervation bei den Tieren studieren, welche einen Ösophagus mit glatter Muskulatur besitzen (Amphibien, Reptilien, Vögel) und bei denjenigen, welche einen Ösophagus mit quergestreifter Muskulatur haben (Fische, Säugetiere), hierauf noch die Innervation des Intestinums bei der Tinca untersuchen, welche auch eine quergestreifte Muskulatur besitzt. Kann man a priori ausschliefsen, dafs dieses zum Gebiet des N. vagus allein gehört? Nach den histologischen Untersuchungen von R. Monti[2]) »erscheinen in der doppelten quergestreiften Muskelhaut die Nerven in sehr grofser Anzahl ..... sie bilden einen gekreuzten Plexus von kleinen Ganglien, die in den Knotenpunkten liegen ....., die pluripolare Zellen enthalten«. Doch würde das Vorhandensein dieser Ganglien auch nicht a priori die einzige Innervation vom N. vagus her ausschliefsen, da dieselben sich ebenfalls in grofser Anzahl in den Ösophagushäuten der Selachier und der Säugetiere vorfinden. Die Kontraktion des Intestinums der Tinca, wie diejenige des Ösophagus der Selachier und der Säugetiere, gleicht jedoch wegen ihrer Schnelligkeit der eines quergestreiften Muskels.

---

1) F. Bottazzi, The action of the vagus and the sympathetic on the oesoph. of the toad. Journ. of Physiol. 1899, XXV, p. 157.

2) Rendic. del Ro. Istituto Lombardo, 1895, (ser. 2a), vol. XXVIII.

Diese Thatsache ist es, welche uns vermuten läfst, dafs bei dem erwähnten Intestinum, wie auch beim Ösophagus jener Tiere, eine sympathische Innervation nicht vorhanden ist. Würde diese unsere Vermutung durch die Experimente bestätigt, so ergäbe sich daraus die wichtige Schlufsfolgerung, dafs die sympathische Innervation den visceralen Organen mit glatter Muskulatur eigen ist, während die mit (vorwiegend) quergestreifter Muskulatur versehenen eine vorwiegend (wenn nicht ausschliefslich) vom Vagus ausgehende Innervation besässen (oder allgemeiner ausgedrückt eine solche, die aus dem cranialen autonomischen System stammen würde [Langley]).

Was die Untersuchungen von Horton-Smith wenig der Beachtung empfiehlt, ist unserer Ansicht nach der Umstand, dafs er nicht einmal für den Magen und das dünne Intestinum des Frosches eine Sympathicusinnervation gefunden hat. Dafs diese Innervation für den Magen und den spiralen Traktus bei den Selachiern existiert, haben unsere Untersuchungen so klar bewiesen, dafs kein Zweifel mehr übrig bleibt. Es wäre jedoch sehr unwahrscheinlich, dafs bei den Amphibien eine Innervation nicht vorhanden wäre, die schon bei den Knorpelfischen deutlich unterscheidbar vorhanden ist. Aufserdem hat nach den Untersuchungen von Horton-Smith nicht nur Steinach[1]) seine früheren Resultate bestätigt, sondern vor kurzem hat Dixon[2]) deutlich wahrnehmbare kontraktorische Wirkungen auf den Magen von Fröschen infolge Reizung des 3., 4. und 5. Verbindungsastes gefunden und graphisch aufgezeichnet, so dafs kein Zweifel mehr bestehen kann an der Thatsache, dafs der Magen der Amphibien motorische Fasern vom Sympathicus erhält.

Beim Frosche aber hat Dixon nachweisen können, dafs der Magen Hemmungsfasern durch Vermittlung des N. vagus erhält. Dagegen sind bei den Selachiern unsere Untersuchungen nicht

1) E. Steinach, Über die viscero-motorischen Funktionen der Hinterwurzeln und über die tonische Hemmungswirkung der Medulla oblongata auf den Darm des Frosches. Pflügers Archiv 1898, Bd. LXXI, S. 523.

2) W. E. Dixon, The innervation of the frog's stomach. Journ. of Physiol. 1902, XXVIII, p 56.

Zeitschrift für Biologie. 1902. Bd. XLIII. Tafel I.

(Zur Abhandlung von Fil. Bottazzi S. 372.)



Fig. 1.

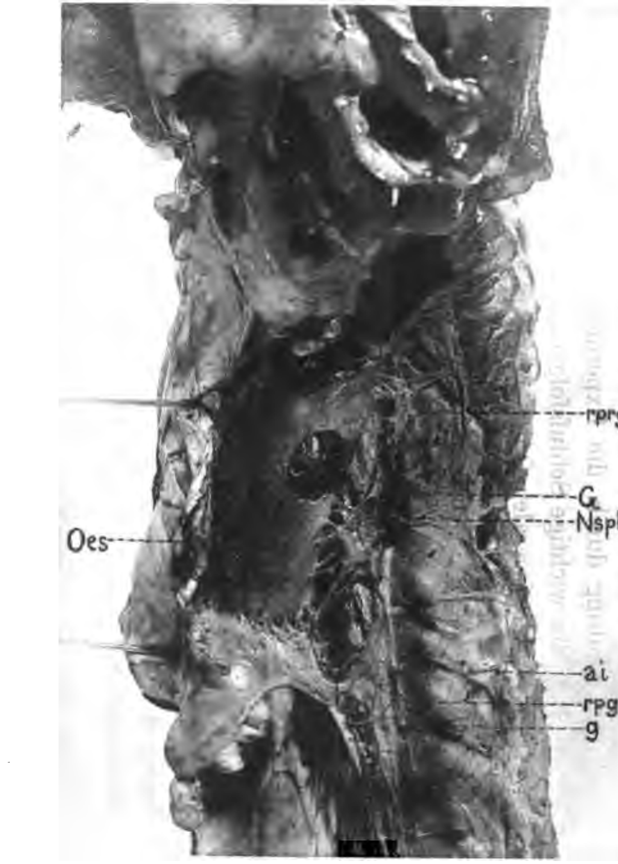
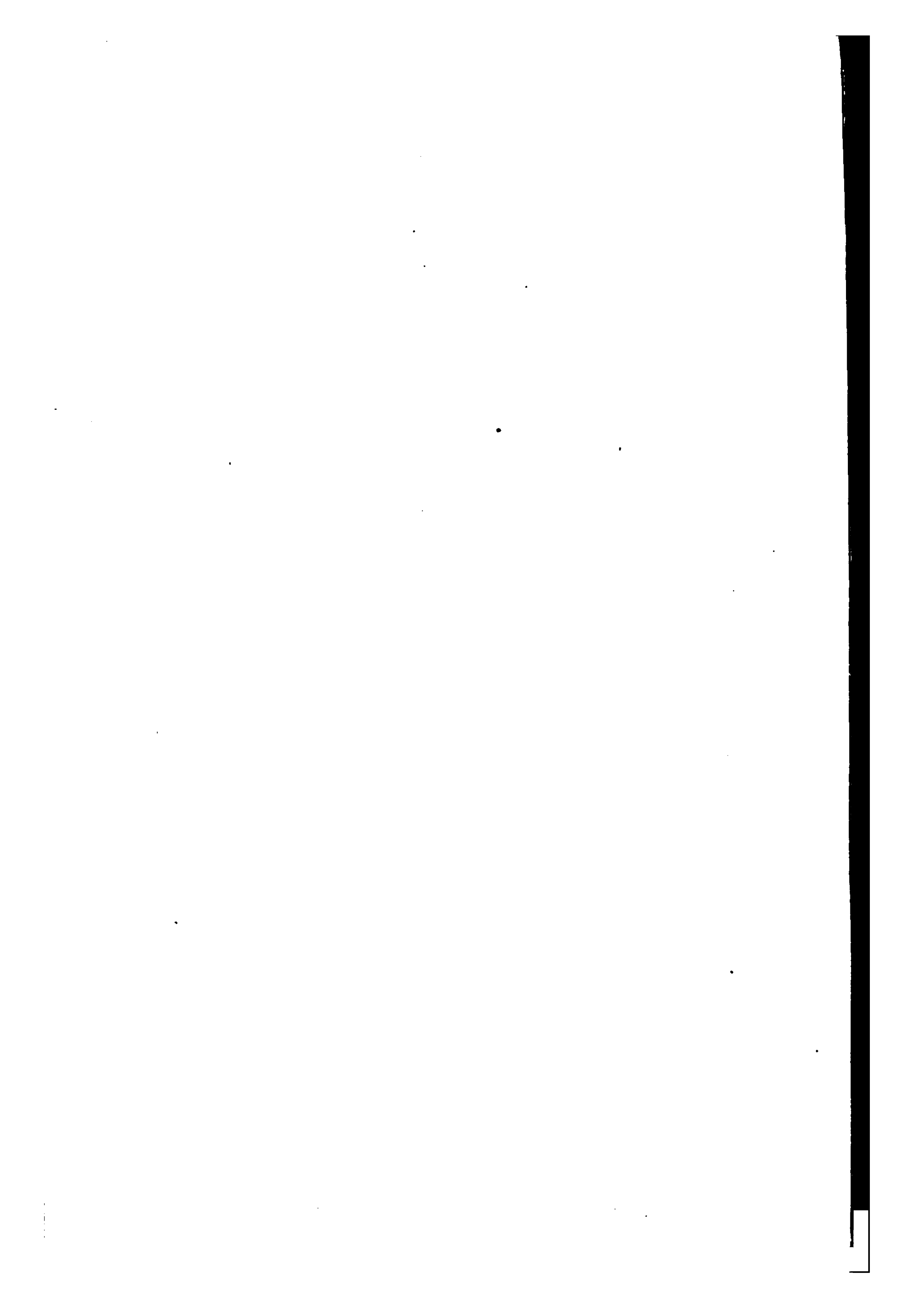
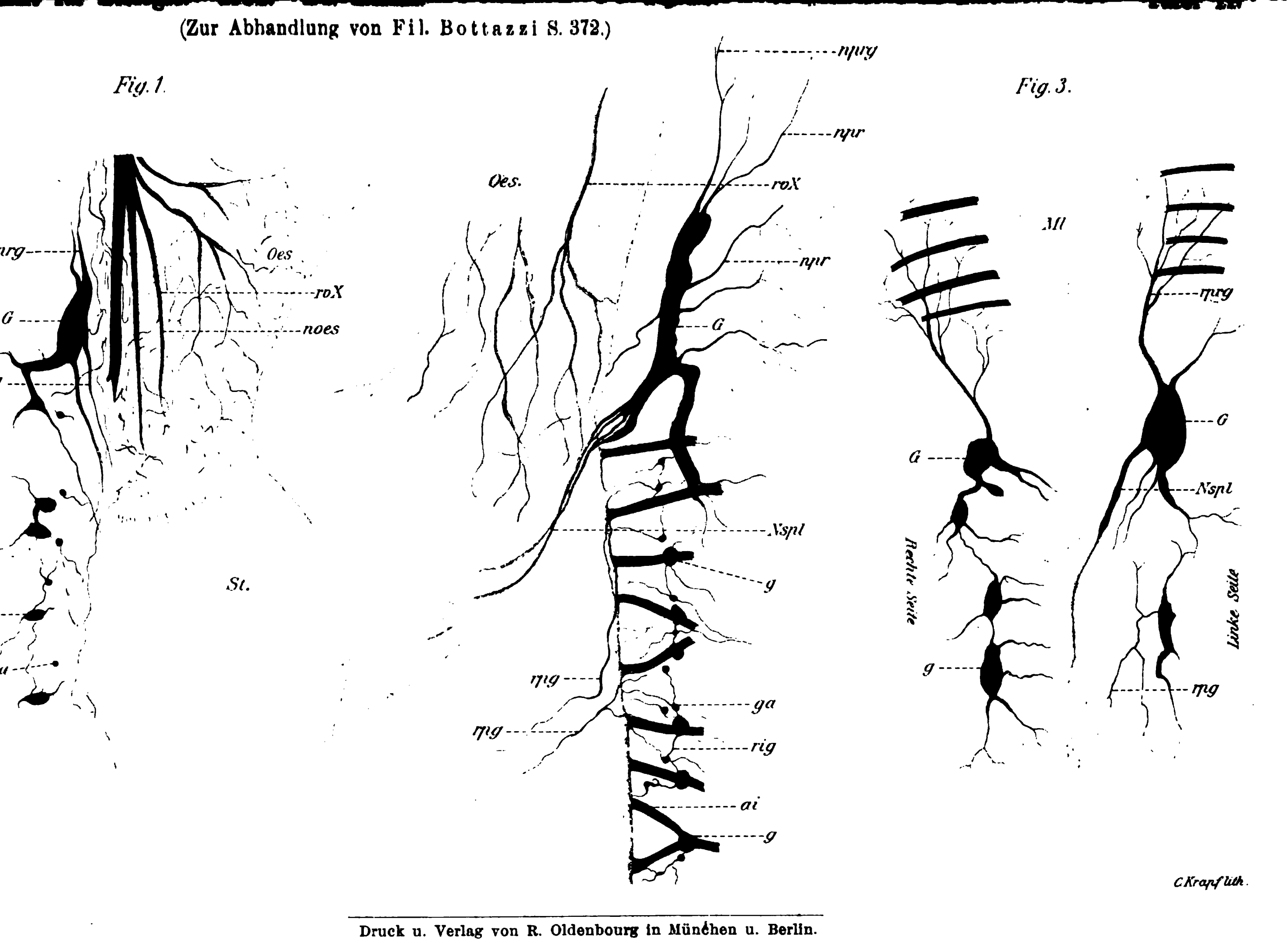


Fig. 2.

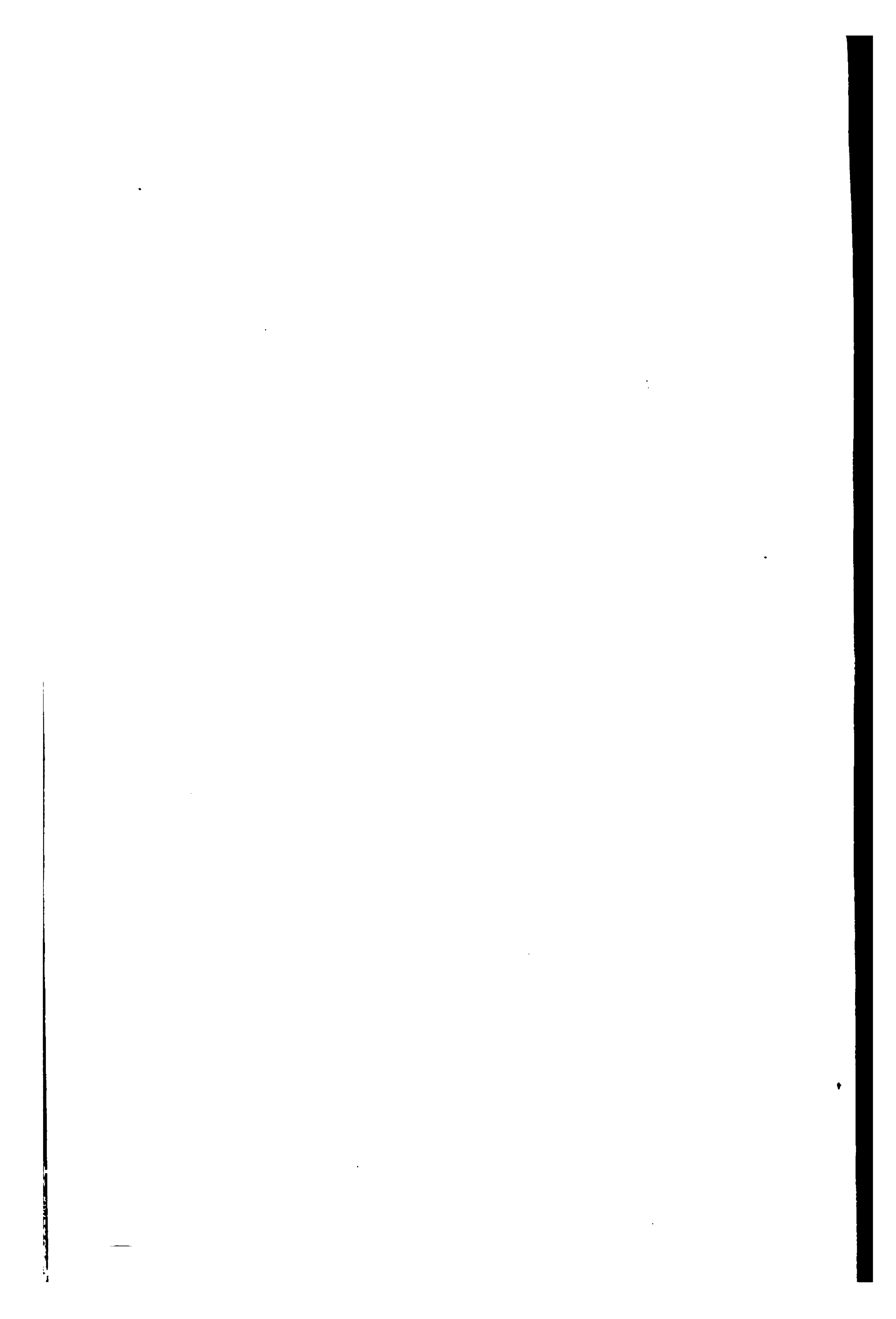
Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München u. Berlin.



(Zur Abhandlung von Fil. Bottazzi S. 372.)



Druck u. Verlag von R. Oldenbourg in München u. Berlin.



im stande gewesen, eine Hemmungsinnervation des Magens und des Intestinums nachzuweisen. Wenn weitere Untersuchungen unsere Resultate bestätigen sollten, so wird man zugeben müssen, dafs die Hemmungsinnervation des Verdauungsapparates, wie sie bei den höheren Wirbeltieren bekannt ist, z. B. diejenige der Säugetiere, ein Produkt physiologischer Differenzierung ist, welche sich bei Tieren zeigt, welche eine Stufe höherer Organisation erreicht haben, als eigentlich die der Selachier sie darstellt.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel I.

Fig. 1. Scyllium stellare Ganglienkette des Sympathicus (rechte Seite).

Fig. 2. Dasselbe. Ganglienkette des Sympathicus (linke Seite).

rprg = pregangl. Äste
Oes = Oesophagus
G = Erstes grofses Sympathicusganglion
N spl = Nervi splanchnici
rpg = postgangl. Äste
g = segmentäre Ganglien des Sympathicus
Cv = Cardinalvene
ai = Arteriæ intercostales.

(Diese Figuren sind photographische Darstellungen der natürlichen Verordnung der Ganglienkette des Sympathicus eines grofsen Exemplares von Scyllium stellare. Die anatomischen Stücke waren mit Osmiumsäure bespült, damit Nerven und Ganglien geschwärzt.)

Erklärung der Abbildungen auf Tafel II.

Fig. 1. Scyllium stellare.

Oes = Oesophagus
St = Magen
nprg = pregangl. Äste
G = Erstes grofses Sympathicusganglion
N spl = Nervi splanchnici
g = segmentäre Ganglien der Sympathicuskette
ga = winzige Sympathicusganglien (abirrende Ganglien)
*rv*X = Rami viscerales n. Vagi
noes = Nervi oesophagei.

Fig. 2. Scyllium stellare. (Grofses Exemplar.)

rig = Rami intergangliares
ai = Arteriæ intercostales.

Fig. 3. Mustelus vulgaris.

Ml = Mittellinie.

(Diese Figuren sind halbschematische Darstellungen. Die Zeichnungen waren von anatomischen Stücken abgenommen, in welchen Nerven und Ganglien mit Osmiumsäure geschwärzt waren.)

Weitere Beiträge zur Frage nach der Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes.

Von

Dr. med. **Emil Abderhalden**, Basel.

Meine früheren Untersuchungen[1]) über den Einflufs des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes hatten als wichtigste Resultate ergeben:

Beim Übergang von der Ebene ins Hochgebirge nimmt die Zahl der roten Blutkörperchen rasch zu, um bei der Rückkehr in die Ebene innerhalb weniger Tage wieder zu den ursprünglichen Zahlenverhältnissen zurückzukehren.

Das Hämoglobin steigt und fällt genau proportional mit den Blutkörperchen.

Den Schwankungen in der Zahl der roten Blutkörperchen und der Hämoglobinmenge entspricht keine wesentliche Änderung des **Gesamthämoglobinbestandes,** d. h. mit anderen Worten, die beobachteten Änderungen der Blutkörperchenzahl und des Hämoglobins sind im wesentlichen keine absoluten, sondern nur **relative.**

Es war nun von hohem Interesse, die nach den in genannter Arbeit beschriebenen Methoden erhaltenen Resultate durch die quantitative Blutanalyse zu kontrollieren. Ausgeführt wurden

1) Diese Zeitschrift 1902, Bd. 48 S. 125.

die Versuche an Rindern, Schweinen und Schafen. Entsprechend den früheren Untersuchungen wurden auch hier Basler Tiere[1]) mit St. Moritzer Tieren verglichen. Das Blut der St. Moritzer Tiere wurde in Eis verpackt nach Basel geschickt und dort analysiert. Die Ausführung der Analyse betreffend, verweise ich auf die Arbeit von Bunge: »Zur quantitativen Analyse des Blutes«[2]). Hervorheben möchte ich noch, dafs bei der Bestimmung des Hämoglobins im Rinder- und Schweineblute zur kolorimetrischen Vergleichung jedesmal eine Lösung der entsprechenden Hämoglobinkrystalle verwendet wurde.[3]) Bestimmt wurde ferner die Zahl der roten Blutkörperchen.

Ausgeführt wurden die Bestimmungen an folgenden Tieren:

A. Basel.

I. Rinder.

1. ♂ verschnitten. Alter ca. 3 Jahre.[4])
2. ♂ Alter 2 Jahre.[4])
3. ♂ verschnitten. Alter 8 Jahre.
4. ♀ Alter 3 Jahre.
5. ♀ » 6 »
6. ♀ » 7 »
7. ♀ » 5 »

1) Basel, 266 m ü. M., St. Moritz, 1856 m ü. M.

2) Diese Zeitschrift, 1876, Bd. 12 S. 191. Vgl. auch: E. Abderhalden, Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschrift für physiologische Chemie 1897, Bd. 23 S 521, und E. Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Ebenda 1898, Bd. 25 S. 65.

3) Bei der Darstellung des Schweinehämoglobins folgte ich im wesentlichen den Vorschriften von G. Hüfner, Beitrag zur Lehre vom Blutfarbstoff. Beiträge zur Physiologie. Carl Ludwig zu seinem 70. Geburtstage gewidmet von seinen Schülern, 1887. Das Schweinehämoglobin zeichnet sich durch seine grofse Löslichkeit aus. Diese Eigenschaft erschwert die Darstellung der Hämoglobinkrystalle sehr. Zur Lösung des Blutkörperchenbreies wurde das gleiche Volumen Wasser verwendet. Besondere Sorgfalt ist auf den Zusatz des Alkohols zu verwenden. Derselbe darf nur tropfenweise unter beständigem Umrühren zugesetzt werden, weil sonst leicht das Hämoglobin in amorphem Zustande ausfällt. — Zur Lösung des Blutkörperchenbreies des Rinderblutes wurde das $1^1/_2$fache Volumen Wasser verwendet. — Die Krystalle beider Hämoglobinarten wurden erst nach zweimaliger Umkrystallisierung verwendet.

4) Die Analysen des Blutes dieser beiden Tiere sind bereits in den citierten Arbeiten mitgeteilt. (Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 23 u. 25 a. a. O.)

8. ♂ verschnitten. Alter $4^{1}/_{2}$ Jahre.
9. ♂ » » $1^{1}/_{2}$ »
10. ♂ » » 2 »
11. ♂ Alter 8 Jahre.
12. ♂ verschnitten. Alter 5 Jahre.
13. ♂ » » 2 »
14. ♂ » » 4 »

II. Schweine.

1. Es wurde das Blut von zwei Tieren gemischt analysiert. Beide Tiere waren ♂. Alter 1—3 Jahre.[1])

2. ♀ Alter 1 Jahr.
3. ♀ » 1 »
4. ♀ » $1^{1}/_{2}$ »
5. ♂ » 1 »
6. ♀ » 1 »
7. ♀ Alter 1 Jahr.
8. ♀ » 1 »
9. ♀ » 1 »
10. ♂ » 1 »
11. ♀ » 1 »

III. Schafe.

1.[2]) ♂ Alter 3 Jahre.
2.[2]) ♂ » $3^{1}/_{2}$ »
3. ♂ » $2^{1}/_{2}$ »

B. St. Moritz.

I. Rinder.

1. ♀ Alter: 6 Jahre. Geboren in Celerina. 1724 m ü. M.
2. ♂ verschnitten. Alter: 5 Jahre. Herkunft: Italien. 4 Tage in St. Moritz.
3. ♂ » » 5 » » » 20 » » » »
4. ♀ Alter: 4 Jahre. Geboren in St. Moritz.
5. ♂ verschnitten. Alter: 5 J. Herkunft: Italien. 1 Monat in St. Moritz.
6. ♂ » » 5 » » » 5 Woch. » » »
7. ♂ » » $4^{1}/_{2}$ J. » » 3 » » » »
8. ♂ » » $5^{1}/_{2}$ » » » 2 » » » »
9. ♂ » » 6 » » » 2 Monate » » »
10. ♀ Alter: 6 J. Geboren in St. Moritz.
11. ♂ verschnitten. Alter: 5 J. Herkunft: Italien. 4 Tage in St. Moritz.

II. Schweine.

1. ♂ Alter: 1 Jahr. Herkunft: Celerina, 1724 m ü. M.
2. ♀ » 7 Monate. » Bergell. 1 Tag in St. Moritz.
3. ♀ » 1 Jahr. » » 6 Monat » » »
4. ♀ » 1 » » » 2 Tage » » »

1) Vgl. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 25 a. a. O. S. 67.
2) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 25 S. 78 u. 81.

5. ♀ Alter 9 Monate. Herk.: Italien. 3 Woch. in St. Moritz.
6. ♀ » 7 » » Bergell. 1 Tag » » »
7. ♂ » 1 Jahr. » Italien. 1 » » » »
8. ♀ » 1 » » Bergell. 4 Tage » » »
9. ♀ » 1 » » Italien. 3 » » » »

III. Schafe.

1. ♀ Alter: $2^1/_2$ Jahre. Herkunft: Italien. 30 Tage in St. Moritz.

In den folgenden Tabellen sind die erhaltenen Resultate zusammengestellt. Die Reihenfolge der Analysen entspricht der eben angeführten Zusammenstellung der einzelnen Tiere. Keine Gesamtanalyse wurde ausgeführt bei den Tieren: Basel: Schaf 3, St. Moritz: Rind 11, Schwein 9 und Schaf 1.

I. Analysen des Rinderblutes.

A. Basel.

Analyse 1.[1])

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	325,5 Blutkörperchen	674,5 Serum	
Wasser . .	808.9	913,64	192,65	616,25	591,858
Feste Stoffe	191,1	86,36	132,85	58,249	408,141
Hämoglobin	103,1	—	103,1	—	316,74
Eiweiſs . .	69,8	72,5	20,899	48,901	64,20

Analyse 2.[2])

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	334,3 Blutkörperchen	665,7 Serum	
Wasser . .	814,84	913,38	206,81	608,03	618,63
Feste Stoffe	185,16	86,62	127,50	57,66	381,38
Hämoglobin	106,40	—	106,40	—	318,27
Eiweiſs . .	61,79	69,73	15,38	46,41	46,00

1. Vgl. die analytischen Belege in: E. Abderhalden, Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1897, Bd. 23 S. 525.

2) Analytische Belege vgl. in: E. Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1898, Bd. 25 S. 74.

Analyse 3.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	333,1 Blutkörperchen	666,9 Serum	
Wasser . .	810,19	914,63	200,22	609,97	601,08
Feste Stoffe	189,81	85,37	132,88	56,93	398,92
Hämoglobin	105,50	—	105,50	—	316,72
Eiweifs . .	71,81	73,86	22,55	49,26	67,69

Analyse 4.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	333,3 Blutkörperchen	666,7 Serum	
Wasser . .	808,89	912,70	200,40	608,49	601,23
Feste Stoffe	191,11	87,30	132,91	58,20	398,77
Hämoglobin	106,20	—	106,20	—	318,63
Eiweifs . .	68,09	75,31	17,88	50,21	53,64

Analyse 5.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	329,1 Blutkörperchen	670,9 Serum	
Wasser . .	813,50	913,91	200,36	613 14	608,81
Feste Stoffe	186,50	86,09	128,74	57,76	391,19
Hämoglobin	104,60	—	104,60	—	317,83
Eiweifs . .	65,54	70,08	18,52	47,02	56,27

Analyse 6.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	335,2 Blutkörperchen	664,8 Serum	
Wasser . .	813,81	912,96	206,87	606,94	617,15
Feste Stoffe	186,19	87,04	128,33	57,86	382,84
Hämoglobin	105,80	—	105,80	—	315,63
Eiweifs . .	64,42	72,07	16,51	47,91	49,25

Analyse 7.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	352,97 Blutkörperchen	647,03 Serum	
Wasser . .	807,66	907,64	220,39	587,27	624,39
Feste Stoffe	192,34	92,36	132,58	59,76	375,61
Hämoglobin	111,60	—	111,60	—	316,17
Eiweifs . .	64,60	77,40	14,52	50,08	41,13

Analyse 8.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	371,1 Blutkörperchen	628,9 Serum	
Wasser . .	798,44	906,16	228,56	569,88	615,90
Feste Stoffe	201,56	93,84	142,54	59,02	384,10
Hämoglobin	117,90	—	117,90	—	317,70
Eiweifs . .	66,52	78,34	17,25	49,27	46,48

Analyse 9.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	384,0 Blutkörperchen	616,0 Serum	
Wasser . .	794,34	914,23	231,18	563,16	602,01
Feste Stoffe	205,66	85,77	152,83	52,83	397,99
Hämoglobin	122,90	—	122,90	—	320,05
Eiweifs . .	63,72	68,41	21,58	42,14	56,19

Analyse 10.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	334,3 Blutkörperchen	665,7 Serum	
Wasser . .	808,97	916,61	198,78	610,19	594,61
Feste Stoffe	191,03	83,39	135,52	55,51	405,39
Hämoglobin	106,70	—	106,70	—	319,17
Eiweifs . .	70,45	68,06	25,14	45,31	75,20

Analyse 11.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten 329,9 Blutkörperchen	670,1 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	808,92	911,09	198,40	610,52	601,39
Feste Stoffe	191,08	88,91	131,50	59,58	398,61
Hämoglobin	105,00	—	105,00	—	318,27
Eiweifs . .	70,00	76,00	19,07	50,93	57,80

Analyse 12.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten 342,9 Blutkörperchen	657,1 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	810,97	913,20	210,90	600,07	615,05
Feste Stoffe	189,03	86,80	132,00	57,03	384,95
Hämoglobin	109,00	—	109,00	—	317,89
Eiweifs . .	67,22	74,08	18,54	48,68	54,06

Analyse 13.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten 335,1 Blutkörperchen	664,9 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	808,44	912,89	201,46	606,98	601,19
Feste Stoffe	191,56	87,11	133,64	57,92	398,81
Hämoglobin	107,50	—	107,50	—	320,79
Eiweifs . .	67,69	75,20	17,69	50,00	52,79

Analyse 14.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten 342,8 Blutkörperchen	657,2 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	814,50	914,01	213,81	600,69	623,71
Feste Stoffe	185,50	85,99	128,99	56,51	376,29
Hämoglobin	109,20	—	109,20	—	318,55
Eiweifs . .	60,09	72,16	12,67	47,42	36,96

B. St. Moritz.

Analyse 1.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 393,8 Blutkörperchen	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 606,2 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	792,94	906,81	243,23	549,71	617,65
Feste Stoffe	207,06	93,19	150,57	56,49	382,35
Hämoglobin	126,90	—	126,90	—	322,24
Eiweiſs . .	66,33	79,06	18,40	47,93	46,72

Analyse 2.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 405,4 Blutkörperchen	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 594,6 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	790,98	904,76	253,01	537,97	624,09
Feste Stoffe	209,02	95,24	152,39	56,63	375,91
Hämoglobin	129,00	—	129,00	—	318,20
Eiweiſs . .	64,27	80,97	16,12	48,15	39,76

Analyse 3.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 394,9 Blutkörperchen	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 605,1 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	789,61	900,43	244,76	544,85	619,81
Feste Stoffe	210,39	99,57	150,14	60,25	380,19
Hämoglobin	126,10	—	126,10	—	319,32
Eiweiſs . .	67,89	82,02	18,26	49,63	46,24

Analyse 4.

	1000 Gewichtsteile Blut enthalten	1000 Gewichtsteile Serum enthalten	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 401,7 Blutkörperchen	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 598,3 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	792,72	911,99	247,08	545,64	615,09
Feste Stoffe	207,28	88,01	154,62	52,66	384,91
Hämoglobin	128,00	—	128,00	—	318,64
Eiweiſs . .	62,76	75,50	17,59	45,17	43,78

Analyse 5.

	1000 Gewichtsteile		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	399,7 Blutkörperchen	600,3 Serum	
	enthalten				
Wasser . .	784,81	904,22	242,01	542,80	605,48
Feste Stoffe	215,19	95,78	157,69	57,50	394,52
Hämoglobin	127,90	—	127,90	—	319,99
Eiweiſs . .	70,40	83,10	20,51	49,89	51,31

Analyse 6.

	1000 Gewichtsteile		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	399,5 Blutkörperchen	600,5 Serum	
	enthalten				
Wasser . .	789,58	907,98	244,34	545,24	611,62
Feste Stoffe	210,42	92,02	155,16	55,26	388,38
Hämoglobin	127,50	—	127,50	—	319,15
Eiweiſs . .	65,92	77,87	19,16	46,76	47,96

Analyse 7.

	1000 Gewichtsteile		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	401,5 Blutkörperchen	598,5 Serum	
	enthalten				
Wasser . .	791,67	913,85	244,73	546,94	609,54
Feste Stoffe	208,33	86,15	156,77	51,56	390,46
Hämoglobin	127,50	—	127,50	—	317,55
Eiweiſs . .	63,83	76,27	18,18	45,65	45,28

Analyse 8.

	1000 Gewichtsteile		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	414,8 Blutkörperchen	585,2 Serum	
	enthalten				
Wasser . .	785,14	908,91	253,25	531,89	610,54
Feste Stoffe	214,86	91,09	161,55	53,31	389,46
Hämoglobin	132,10	—	132,10	—	318,46
Eiweiſs . .	67,01	78,28	21,14	45,87	50,96

Analyse 9.

	1000 Gewichtsteile enthalten: Blut	Serum	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 403,3 Blutkörperchen	596,7 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	790,06	912,13	245,79	544,27	609,44
Feste Stoffe	209,94	87,87	157,51	52,43	390,56
Hämoglobin	128,00	—	128,00	—	317,38
Eiweifs . .	64,50	79,39	17,13	47,37	42,47

Analyse 10.

	1000 Gewichtsteile enthalten: Blut	Serum	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 402,8 Blutkörperchen	597,2 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	792,08	906,39	250,78	541,30	622,59
Feste Stoffe	207,92	93,61	152,02	55,90	377,41
Hämoglobin	129,20	—	129,20	—	320,75
Eiweifs . .	62,96	77,16	16,88	46,08	41,90

II. Analysen des Schweineblutes.

A. Basel.

Analyse 1.[1])

	1000 Gewichtsteile enthalten: Blut	Serum	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 435,09 Blutkörperchen	564,91 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	790,56	917,61	272,20	518,36	625,61
Feste Stoffe	209,44	82,39	162,89	46,54	374,38
Hämoglobin	142,20	—	142,20	—	326,82
Eiweifs . .	46,61	67,74	8,35	38,26	19,19

1) Vgl. die analytischen Belege: E. Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse das Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1898, Bd. 25 S. 69.

Analyse 2.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	440,7 Blutkörperchen	559,3 Serum	
Wasser . .	776,86	906,90	269,63	507,23	611,82
Feste Stoffe	223,14	93,10	171,07	52,07	388,18
Hämoglobin	143,00	—	143,00	—	324,26
Eiweifs . .	60,08	76,90	17,07	43,01	38,73

Analyse 3.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	463,6 Blutkörperchen	536,4 Serum	
Wasser . .	768,58	902,38	284,54	484,04	613,76
Feste Stoffe	231,42	97,62	179,06	52,36	386,24
Hämoglobin	149,30	—	149,30	—	322,04
Eiweifs . .	63,12	80,37	20,01	43,11	43,16

Analyse 4.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	413,4 Blutkörperchen	586,6 Serum	
Wasser . .	788,92	916,84	251,10	537,82	607,41
Feste Stoffe	211,08	83,16	162,30	48,78	392,59
Hämoglobin	134,50	—	134,50	—	325,35
Eiweifs . .	57,80	70,05	16,71	41,09	40,42

Analyse 5.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	439,8 Blutkörperchen	560,2 Serum	
Wasser . .	787,85	915,95	274,73	513,12	624,67
Feste Stoffe	212,15	84,05	165,07	47,08	375,33
Hämoglobin	143,80	—	143,80	—	326,96
Eiweifs . .	51,35	71,03	11,56	39,79	26,29

Analyse 6.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	399,7 Blutkörperchen	600,3 Serum	
Wasser . .	797,10	916,94	246,66	550,44	617,11
Feste Stoffe	202,90	83,06	153,04	49,86	382,89
Hämoglobin	129,90	—	129,90	—	324,99
Eiweifs . .	54,00	68,08	13,13	40,87	32,85

Analyse 7.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	440,0 Blutkörperchen	560,0 Serum	
Wasser . .	786,44	908,07	277,92	508,52	631,63
Feste Stoffe	213,56	91,93	162,08	51,48	368,37
Hämoglobin	142,20	—	142,20	—	323,18
Eiweifs . .	53,42	72,98	12,55	40,87	28,52

Analyse 8.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	453,5 Blutkörperchen	546,5 Serum	
Wasser . .	774,82	904,50	280,51	494,31	618,56
Feste Stoffe	225,18	95,50	172,99	52,19	381,44
Hämoglobin	146,50	—	146,50	—	323,04
Eiweifs . .	59,62	76,24	17,95	41,67	39,58

Analyse 9.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	438,9 Blutkörperchen	561,1 Serum	
Wasser . .	787,83	909,11	277,73	510,10	632,78
Feste Stoffe	212,17	90,89	161,18	50,99	367,22
Hämoglobin	142,00	—	142,00	—	323,53
Eiweifs . .	51,19	70,09	11,86	39,33	27,02

Analyse 10.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	439,1 Blutkörperchen	560,9 Serum	
Wasser . .	786,85	913,78	274,31	512,54	624,71
Feste Stoffe	213,15	86,22	164,79	48,36	375,29
Hämoglobin	143,30	—	143,30	—	326,35
Eiweifs . .	51,63	70,15	12,28	39,35	27,97

Analyse 11.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	436,6 Blutkörperchen	563,4 Serum	
Wasser . .	792,97	918,02	275,76	517,21	631,61
Feste Stoffe	207,03	81,98	160,84	46,19	368,39
Hämoglobin	141,20	—	141,20	—	323,41
Eiweifs . .	48,63	65,16	11,92	36,71	27,80

B. St. Moritz.

Analyse 1.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	500,4 Blutkörperchen	499,6 Serum	
Wasser . .	759,12	897,81	310,57	448,55	620,64
Feste Stoffe	240,88	102,19	189,83	51,05	379,36
Hämoglobin	162,70	—	162,70	—	325,14
Eiweifs . .	57,79	85,38	15,13	42,66	30,23

Analyse 2.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	500,5 Blutkörperchen	499,5 Serum	
Wasser . .	759,84	901,88	309,35	450,49	618,08
Feste Stoffe	240,16	98,12	191,15	49,01	381,92
Hämoglobin	161,90	—	161,90	—	323,47
Eiweifs . .	59,18	82,16	18,14	41,04	36,24

Analyse 3.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	500,6 Blutkörperchen	499,4 Serum	
Wasser . .	756,10	897,30	307,99	448,11	615,24
Feste Stoffe	243,90	102,70	192,61	51,29	384,76
Hämoglobin	162,10	—	162,10	—	323,81
Eiweifs . .	62,15	82,56	20,92	41,23	41,78

Analyse 4.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	492,8 Blutkörperchen	507,2 Serum	
Wasser . .	764,52	899,99	308,05	456,47	625,11
Feste Stoffe	235,48	100,01	184,75	50,73	374,89
Hämoglobin	161,00	—	161,00	—	326,71
Eiweifs . .	54,22	81,13	13,07	41,15	26,52

Analyse 5.

	1000 Gewichtsteile enthalten		1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten		1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
	Blut	Serum	495,3 Blutkörperchen	504,7 Serum	
Wasser . .	762,75	904,61	306,19	456,56	618,19
Feste Stoffe	237,25	95,39	189,11	48,14	381,81
Hämoglobin	161,10	—	161,10	—	325,25
Eiweifs . .	56,95	77,11	18,03	38,92	36,40

Analyse 6.

	1000 Gewichtsteile enthalten: Blut	Serum	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 509,3 Blutkörperchen	490,7 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	754,79	893,86	316,17	438,62	620,79
Feste Stoffe	245,21	106,14	193,13	52,08	379,21
Hämoglobin	165,00	—	165,00	—	323,87
Eiweifs . .	61,21	85,29	19,36	41,85	38,01

Analyse 7.

	1000 Gewichtsteile enthalten: Blut	Serum	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 500,6 Blutkörperchen	499,4 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	761,90	901,76	311,56	450,34	622,37
Feste Stoffe	238,10	98,24	189,04	49,06	377,63
Hämoglobin	163,40	—	163,40	—	326,41
Eiweifs . .	55,65	79,63	15,88	39,77	31,72

Analyse 8.

	1000 Gewichtsteile enthalten: Blut	Serum	1000 Gewichtsteile des defibrinierten Blutes enthalten: 503,1 Blutkörperchen	496,9 Serum	1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten
Wasser . .	759,91	903,54	310,94	448,97	618,05
Feste Stoffe	240,09	96,46	192,16	47,93	381,95
Hämoglobin	163,00	—	163,00	—	323,99
Eiweifs . .	58,05	76,27	20,15	37,90	40,05

Aus der nachstehenden Tabelle über die Zahl der roten Blutkörperchen ergibt sich eine Bestätigung des Satzes, dafs beim Übergang von der Ebene an einen höher gelegenen Ort die Zahl der roten Blutkörperchen steigt. Beachtenswert ist, dafs sich auch bei diesen Untersuchungen wieder ergeben hat, dafs die Steigerung der Blutkörperchenzahl sehr rasch eintritt. Wie die Angaben über die Dauer des Aufenthaltes der Versuchstiere im Hochgebirge zeigen, war dieselbe

Zahl der roten Blutkörperchen im defibrinierten Blute.

Rinderblut		Schweineblut	
Basel	St. Moritz	Basel	St. Moritz
5 771 000	6 975 000	6 776 000	7 912 000
5 794 000	7 679 000	6 812 000	7 924 000
5 748 000	7 115 000	6 511 000	7 929 000
5 899 000	7 331 000	6 769 000	7 718 000
6 085 000	7 229 000	6 459 000	7 824 000
6 222 000	7 229 000	6 772 000	8 115 000
6 315 000	7 332 000	6 779 000	7 931 000
5 792 000	7 892 000	6 672 000	7 992 000
5 721 000	7 602 000	6 679 000	
5 914 000	7 598 000	6 602 000	
5 882 000			
5 912 000			

eine sehr verschiedene. Das Minimum war 1 Tag. Dieser Unterschied in der Dauer des Aufenthaltes im Hochgebirge kommt bemerkenswerterweise in der Blutkörperchenzahl nicht zum Ausdruck.

Zu ganz demselben Resultate führt eine Vergleichung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute bei den Basler Tieren und St. Moritzer Tieren. Ausnahmslos zeigen die St. Moritzer Tiere höhere Blutkörperchenwerte als die Basler Tiere. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über diese Verhältnisse.

(Siehe Tabelle auf S. 459.)

Auch diese Zahlen lassen bei den St. Moritzer Tieren keinen Einfluſs der Dauer des Aufenthaltes im Höhenklima erkennen. Das nur einen Tag in St. Moritz verweilende Tier zeigt dasselbe Verhältnis von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute wie das in St. Moritz geborene Tier. Hervorheben möchte ich noch, daſs die vorliegenden Tabellen in eklatanter Weise die Unabhängigkeit der Thoma-Zeiſsschen Zählkammer vom äuſseren Luftdrucke beweisen.

Verhältnis von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute.

I. Rinderblut.

	Basel		St. Moritz	
	Blutkörperchen	Serum	Blutkörperchen	Serum
	325,5	674,5	393,8	606,2
	329,1	670,9	394,9	605,1
	329,9	670,1	399,5	600,5
	333,1	666,9	399,7	600,3
	333,3	666,7	401,5	598,5
	334,3	665,7	401,7	598,3
	334,3	665,7	402,8	597,2
	335,1	664,9	403,3	596,7
	335,2	664,8	405,4	594,6
	342,8	657,2	414,8	585,2
	342,9	657,1		
	352,97	647,03		
	371,1	628,9		
	384,0	616,0		
im Mittel	**341,7**	**658,3**	**401,7**	**598,3**

II. Schweineblut.

	Basel		St. Moritz	
	Blutkörperchen	Serum	Blutkörperchen	Serum
	399,7	600,3	492,8	507,2
	413,4	586,6	495,3	504,7
	435,1	564,9	500,4	499,6
	436,6	563,4	500,5	499,5
	438,9	561,1	500,6	499,4
	439,1	560,9	500,6	499,4
	439,8	560,2	503,1	496,9
	440,0	560,0	509,3	490,7
	440,7	559,3		
	453,5	546,5		
	463,6	536,4		
im Mittel	**436,4**	**563,6**	**500,[illegible]**	**499,7**

In den folgenden Tabellen findet sich eine Übersicht über die Zusammensetzung von 1000 Gewichtsteilen Blut bei den Basler und St. Moritzer Tieren:

I. Rinderblut.

1000 Gewichtsteile Blut enthalten:

Basel				St. Moritz			
Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweiſs	Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweiſs
808,90	191,10	103,1	69,80	792,94	207,06	126,9	66,33
814,84	185,16	106,4	61,79	790,98	209,02	129,0	64,27
810,19	189,81	105,5	71,81	789,61	210,39	126,1	67,89
808,89	191,11	106,2	68,09	792,72	207,28	128,0	62,76
813,50	186,50	104,6	65,54	784,81	215,19	127,9	70,40
813,81	186,19	105,8	64,42	789,58	210,42	127,5	65,92
807,66	192,34	111,6	64,60	791,67	208,33	127,5	63,83
798,44	201,56	117,9	66,52	785,14	214,86	132,1	67,01
794,34	205,66	122,9	63,72	790,06	209,94	128,0	64,50
808,97	191,03	106,7	70,45	792,08	207,92	129,2	62,96
808,92	191,08	105,0	70,00				
810,97	189,03	109,0	74,08				
808,44	191,56	107,5	67,69				
814,50	185,50	109,2	60,09				
i.M. **808,74**	**191,26**	**108,7**	**67,04**	**789,96**	**210,04**	**128,2**	**65,59**

II. Schweineblut.

1000 Gewichtsteile Blut enthalten:

Basel				St. Moritz			
Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweiſs	Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweiſs
790,56	209,44	142,2	46,61	759,12	240,88	162,7	57,79
776,86	223,14	143,0	60,08	759,84	240,16	161,9	59,18
768,58	231,42	149,3	63,12	756,10	243,90	162,1	62,15
788,92	211,08	134,5	57,80	764,52	235,48	161,0	54,22
787,85	212,15	143,8	51,35	762,75	237,25	161,1	56,95
797,10	202,90	129,9	54,00	754,79	245,21	165,0	61,21
786,44	213,56	142,2	53,42	761,90	238,10	163,4	55,65
774,82	225,18	146,5	59,62	759,91	240,09	163,0	58,05
787,83	212,17	142,0	51,19				
786,85	213,15	143,3	51,63				
792,97	207,03	141,2	48,63				
i.M. **785,84**	**214,66**	**141,6**	**54,81**	**759,87**	**240,13**	**162,5**	**58,15**

Die vorliegenden Zahlenreihen ergeben, dafs das Blut der St. Moritzer Tiere eine wesentlich andere Zusammensetzung zeigt als dasjenige der Basler Tiere. Trockensubstanz und Hämoglobingehalt des Blutes der St. Moritzer Tiere sind bedeutend höher als die entsprechenden Werte bei den Basler Tieren. Es entspricht dieses Resultat der bereits erwähnten Zunahme der Zahl der roten Blutkörperchen.

Von ganz hervorragendem Interesse war, festzustellen, wie gleiche Gewichtsteile von Blutkörperchen von St. Moritzer und Basler Tieren sich in ihrer Zusammensetzung verhalten. Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, besitzen 1000 Gewichtsteile Blutkörperchen bei den St. Moritzer und bei den Basler Tieren dieselbe Zusammensetzung. Diese Thatsache bestätigt das früher gefundene Resultat, dafs der Hämoglobingehalt vollständig proportional mit der Zahl der roten Blutkörperchen zunimmt.

I. Rinderblut.

1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten:

Basel				St. Moritz			
Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweifs	Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweifs
591,86	408,14	316,74	64,20	617,65	382,35	322,24	46,72
618,63	381,38	318,27	46,00	624,09	375,91	318,20	39,76
601,08	398,92	316,72	67,69	619,81	380,19	319,32	46,24
601,23	398,77	318,63	53,64	615,09	384,91	318,64	43,78
608,81	391,19	317,83	56,27	605,48	394,52	319,99	51,31
617,15	382,84	315,63	49,25	611,62	388,38	319,15	47,96
624,39	375,61	316,17	41,13	609,54	390,46	317,55	45,28
615,90	384,10	317,70	46,48	610,54	389,46	318,46	50,96
602,01	397,99	320,05	56,19	609,44	390,56	317,38	42,47
594,61	405,39	319,17	75,20	622,59	377,41	320,75	41,90
601,39	398,61	318,27	57,80				
615,05	384,95	317,89	54,06				
601,19	398,81	320,79	52,79				
623,71	376,29	318,55	36,96				
i. M. **608,36**	**391,64**	**318,03**	**54,12**	**614,58**	**385,42**	**319,17**	**45,64**

II. Schweineblut.

1000 Gewichtsteile Blutkörperchen enthalten:

Basel				St. Moritz			
Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweifs	Wasser	Feste Stoffe	Hämoglobin	Eiweifs
625,21	374,38	326,82	19,19	620,64	379,36	325,14	30,23
611,82	388,18	324,26	38,73	618,08	381,92	323,47	36,24
613,76	386,24	322,04	43,16	615,24	384,76	323,81	41,78
607,41	392,59	325,35	40,42	625,11	374,89	326,71	26,52
624,67	375,33	326,96	26,29	618,19	381,81	325,25	36,40
617,11	382,89	324,99	32,85	620,79	379,21	323,87	38,01
631,63	368,37	323,18	28,52	622,37	377,63	326,41	31,72
618,56	381,44	323,04	39,58	618,05	381,95	323,99	40,05
632,78	367,22	323,53	27,02				
624,71	375,29	326,35	27,97				
631,61	368,39	323,41	27,30				
i. M. **621,79**	**378,21**	**324,58**	**31,91**	**619,81**	**380,19**	**324,83**	**35,12**

In den folgenden Tabellen sind 1000 Gewichtsteile Serum der Basler Tiere mit 1000 Gewichtsteilen Serum der St. Moritzer Tiere verglichen.

I. Rinderblut.

1000 Gewichtsteile Serum enthalten:

Basel			St. Moritz		
Wasser	Feste Stoffe	Eiweifs	Wasser	Feste Stoffe	Eiweifs
913,64	86,36	72,50	906,81	93,19	79,06
913,38	86,62	69,73	904,76	95,24	80,97
914,63	85,37	73,86	900,43	99,57	82,02
912,70	87,30	75,31	911,99	88,01	75,50
913,91	86,09	70,08	904,22	95,78	83,10
912,96	87,04	72,07	907,98	92,02	77,87
907,64	92,36	77,40	913,85	86,15	76,27
906,16	93,84	78,34	908,91	91,09	78,38
914,23	85,77	68,41	912,13	87,87	79,39
916,61	83,39	68,06	906,39	93,61	77,16
911,09	88,91	76,00			
913,20	86,80	74,08			
912,89	87,11	75,20			
914,01	85,99	72,16			
i. M. **912,65**	**87,35**	**73,09**	**907,75**	**92,25**	**78,97**

II. Schweineblut.
1000 Gewichtsteile Serum enthalten:

Basel			St. Moritz		
Wasser	Feste Stoffe	Eiweifs	Wasser	Feste Stoffe	Eiweifs
917,61	82,39	67,74	897,81	102,19	85,38
906,90	93,10	76,90	901,88	98,12	82,16
902,38	97,92	80,37	897,30	102,70	82,56
916,84	83,16	70,05	899,99	100,01	81,13
915,95	84,05	71,03	904,61	95,39	77,11
916,94	83,06	68,08	893,86	106,14	85,29
908,07	91,93	72,98	901,76	98,24	79,63
904,50	95,50	76,24	903,54	96,46	76,27
909,11	90,89	70,09			
913,78	86,22	70,15			
918,02	81,98	65,16			
i. M. 911,83	**88,17**	**71,71**	**900,09**	**99,91**	**81,19**

Ein Blick auf die vorliegenden Zahlenreihen zeigt, dafs das Serum der St. Moritzer Tiere einen höheren Gehalt an festen Stoffen aufweist als dasjenige der Basler Tiere. Dem entsprechend findet sich auch bei den St. Moritzer Tieren ein höherer Eiweifsgehalt.

Gegen dieses Resultat läfst sich die Vermutung aussprechen, dafs dasselbe, zum Teil wenigstens, seinen Grund in einer verschieden grofsen Verdunstung des Blutes während des Defibrinierens desselben haben könnte. Beim Schweineblut kommt aufserdem noch die hohe Löslichkeit des Hämoglobins in Betracht. Während das Serum vom Rinderblut stets absolut frei von jedem Hämoglobingehalt war, zeigte das Schweineblutserum der St. Moritzer Tiere meistens eine schwach rötliche Färbung.

Um einwandsfrei festzustellen, ob thatsächlich das Serum der St. Moritzer Tiere einen höheren Gehalt an festen Stoffen besitzt, wurde folgendermafsen vorgegangen. Es wurde von ein und demselben Tiere ein Teil des Blutes direkt aus der Carotis in eine Flasche gefüllt, diese sofort verschlossen und das Blut der Gerinnung überlassen. Ein zweiter Teil des Blutes wurde defibriniert. Durch Vergleichung der Zusammensetzung des

durch Koagulation des Blutes erhaltenen Serums[1]) mit dem durch Centrifugierung des defibrinierten Blutes erhaltenen Serums liefs sich für Basel und St. Moritz genau der Einflufs der Verdunstung feststellen.

Die untenstehenden Tabellen geben einen Überblick über die auf diese Weise erhaltenen Resultate. Das durch Koagulation des Blutes erhaltene Serum ist als »Serum B« aufgeführt. Unter »Serum A« ist das durch Centrifugieren des defibrinierten Blutes erhaltene Serum zusammengestellt.

Basel				St. Moritz			
Serum A		Serum B		Serum A		Serum B	
Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs
I. Rinderblut.							
85,77	68,41	84,09	67,40	91,09	78,38	88,60	77,10
83,39	68,06	81,61	67,17	87,87	79,39	85,00	78,15
88,91	76,00	86,68	75,50	93,61	77,16	90,55	76,05
86,80	74,08	85,30	73,64			87,12	76,26
87,11	75,20	83,35	74,14				
85,99	72,16	84,21	71,47				
II. Schweineblut.							
83,06	68,08	80,30	67,92	106,14	85,29	94,81	84,20
91,93	72,98	90,24	71,80	98,24	79,63	97,06	78,18
95,50	76,24	93,49	75,68	96,46	76,27	95,08	75,51
90,89	70,09	90,04	69,98	94,02	76,17	90,21	75,10
86,22	70,15	85,36	69,50				
81,98	65,16	80,45	64,54				
III. Schafblut.							
82,56[2])	67,50	—	—	—	—	—	—
83,19[2])	68,40	—	—	—	—	—	—
—	—	82,06	67,71	—	—	84,25	69,15

1) Dieses Serum wurde vor der Analyse ebenfalls centrifugiert.

2) Zahlenbelege vgl. in E. Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1898, Bd. 25 S. 79 und 82.

Zur besseren Übersicht finden sich in den folgenden Tabellen die Mittelzahlen für Serum A und B für das Rinder- und Schweineblut zusammengestellt.

1000 Gewichtsteile Serum enthalten:

I. Rinderblut.

	Basel		St. Moritz	
	Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs
Serum A	86,33	72,32	90,86	78,31
Serum B	84,21	71,55	87,82	76,89
Differenz	2,12	0,77	3,04	1,42

II. Schweineblut.

	Basel		St. Moritz	
	Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs
Serum A	88,26	70,45	98,71	79,34
Serum B	86,65	69,90	94,29	78,25
Differenz	1,61	0,55	4,42	1,09

Vergleicht man in den vorliegenden Tabellen Serum A und B, so sieht man, dafs in der That die Zahlen für die Trockensubstanz und das Eiweifs in Serum A etwas zu hoch ausgefallen sind.

Vollkommen[1]) einwandsfreie Resultate erhält man, wenn man sowohl bei den St. Moritzer als bei den Basler Tieren die für das durch Koagulation erhaltene Serum (Serum B) gefundenen Zahlen einander gegenüberstellt. Die folgende Tabelle enthält für die St. Moritzer und Basler Tiere die für das Serum B ausgerechneten Mittelzahlen.

1) Wie No. 6 der St. Moritzer Schweineblut-Analysen zeigte, kann ein ausnahmsweise hoher Fettgehalt das Resultat der Trockensubstanzbestimmung bei Serum B insofern beeinflussen, als ein Teil des Fettes im Blutkoagulum zurückgehalten werden kann. Während das Serum A desselben Tieres vollständig undurchsichtig war, zeigte Serum B nur eine leichte Opalescenz. Die direkte Fettbestimmung ergab, dafs in der That der bedeutende Unterschied zwischen dem Ergebnis der Trockensubstanzbestimmung von Serum A und B zum gröfsten Teile auf genannten Unterschied im Fettgehalte zurückzuführen ist.

1000 Gewichtsteile des durch Koagulation des Blutes erhaltenen Serums enthielten:

	Rinderblut		Schweineblut		Schafblut	
	Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs	Feste Stoffe	Eiweifs
Basel . .	87,82	76,89	94,29	78,25	84,25	69,15
St. Moritz	84,21	71,55	86,65	69,90	82,06	67,71
Differenz	3,61	5,34	7,64	8,35	2,19	1,44

Es ergibt sich aus der vorliegenden Zusammenstellung, dafs das Serum der St. Moritzer Tiere einen höheren Gehalt an festen Stoffen aufweist als dasjenige der Basler Tiere. Dieses Plus an festen Stoffen ist, wie die vorliegenden Zahlen zeigen, hauptsächlich durch einen höheren Eiweifsgehalt bedingt.

Bemerkenswert ist auch hier, dafs die Dauer des Aufenthaltes in St. Moritz bei diesen Zahlen nicht zum Ausdruck kommt.

Die raschen Veränderungen in der Zahl der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins mit dem Wechsel in der Höhenlage des Aufenthaltsortes führte ich in meiner ersten Arbeit »Über den Einflufs des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes«[1]) im wesentlichen auf Änderungen in der Weite des Gefäfssystems zurück. Die vorliegenden Untersuchungen stehen mit dieser Annahme im besten Einklang. Die Thatsache, dafs das Serum der »Höhenklimatiere« einen höheren Gehalt an festen Bestandteilen, speziell an Eiweifs, aufweist, macht es sehr wahrscheinlich, dafs bei der Verengung der Gefäfse ein an festen Bestandteilen ärmeres Plasma ausgeprefst wird.

Die Frage nach der Bedeutung der konstatierten höheren Konzentration des Serums bei den »Höhenklima-Tieren« bleibt eine offene.

---

1) a. a. O.

Analytische Belege.

I. Rinderblut.

A. Basel.

Analyse 3.

4,7072 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6029 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,808 %
5,6710 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7260 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,802 %
4,5062 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5770 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,804 %
} im Mittel **12,805** %.

5,6311 g Blut gaben 0,9988 g Eiweifs u. Hämogl. = 17,737 %
5,1271 » » » 0,9088 » » » » = 17,725 »
} im Mittel **17,731** %.

6,4220 g Serum gaben 0,4738 g Eiweifs = 7,377 %
10,5789 » » » 0,7823 » » = 7,395 »
} im Mittel **7,386** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17,731 - 12,805}{7,386} \cdot 100 = \mathbf{66,69} \text{ Serum.}$$

3,7829 g Blut gaben 0,7179 g Trockensubstanz = 18,977 %
5,6621 » » » 1,0750 » » = 18,985 »
} im Mittel 18,981 %.

8,9358 g Serum gaben 0,7632 g Trockensubstanz = 8,540 %
9,1022 » » » 0,7768 » » = 8,534 »
} im Mittel 8,537 %.

Analyse 4.

6,3103 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7832 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,411 %
6,6175 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8926 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,405 %
} im Mittel **12,408** %.

4,8737 g Blut gaben 0,8493 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,426 %
4,8906 g Blut gaben 0,8525 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,431 %
} im Mittel **17,429** %.

9,6376 g Serum gaben 0,7260 g Eiweifs = 7,533 %
7,2457 » » » 0,5456 » » = 7,529 »
} im Mittel **7,531** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17,429 - 12,408}{7,531} \cdot 100 = \mathbf{66,67} \text{ Serum.}$$

5,0236 g Blut gaben 0,9604 g Trockensubstanz = 19,117 %
3,3597 » » » 0,6419 » » = 19,105 »
} im Mittel 19,111 %.

12,4005 g Serum gaben 1,0833 g Trockensubstanz = 8,736 %
5,8931 » » » 0,5142 » » = 8,725 »
} im Mittel 8,730 %.

Analyse 5.

4,7212 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5814 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,314 %
4,8112 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5922 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,309 %
} im Mittel **12,312 %**.

5,6121 g Blut gaben 0,9546 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,009 %
5,5911 g Blut gaben 0,9516 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,019 %
} im Mittel **17,014 %**.

5,1287 g Serum gaben 0,3592 g Eiweifs = 7,003 %
5,1312 g » » 0,3599 » » = 7,013 »
} im Mittel **7,008 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17{,}014 - 12{,}312}{7{,}008} \cdot 100 = \mathbf{67{,}09} \text{ Serum.}$$

5,1189 g Blut gaben 0,9546 g Trockensubstanz = 18,648 %
5,1211 » » » 0,9552 » » = 18,652 »
} im Mittel **18,650 %**.

5,4181 g Serum gaben 0,4664 g Trockensubstanz = 8,608 %
5,5518 » » » 0,4780 » » = 8.609 »
} im Mittel **8,609 %**.

Analyse 6.

3,8131 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,4668 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,242 %
4,4589 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5449 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,220 %
} im Mittel **12,231 %**.

5,1884 g Blut gaben 0,8830 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,019 %
5,2104 g Blut gaben 0,8871 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,025 %
} im Mittel **17,022 %**.

5,4418 g Serum gaben 0,3925 g Eiweifs = 7,212 %
5,4389 » » » 0,3917 » » = 7,201 »
} im Mittel **7,207 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17{,}022 - 12{,}231}{7{,}207} \cdot 100 = \mathbf{66{,}48} \text{ Serum.}$$

5,1886 g Blut gaben 0,9662 g Trockensubstanz = 18,621 %
5,2181 » » » 0,9715 » » = 18,617 »
} im Mittel **18,619 %**.

4,4112 g Serum gaben 0,3840 g Trockensubstanz = 8,705 %
4,3998 » „ » 0,3829 » » = 8,702 »
} im Mittel **8,704 %**.

Analyse 7.

6,0490 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7634 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,620 %
5,1564 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6500 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,605 %
} im Mittel **12,612 %**.

5,6168 g Blut gaben 0,9898 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,622 % }
5,3697 g Blut gaben 0,9461 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,619 % } im Mittel **17,620** %.

9,5910 g Serum gaben 0,7422 g Eiweifs = 7,738 % }
7,3369 » » » 0,5681 » » = 7,743 » } im Mittel **7,740** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17,620 - 12,612}{7,740} \cdot 100 = \mathbf{64,703} \text{ Serum.}$$

4,1405 g Blut gaben 0,7965 g Trockensubstanz = 19,236 % }
7,1541 » » » 1,3759 » » = 19,232 » } im Mittel **19,234** %.

6,3109 g Serum gaben 0,5830 g Trockensubstanz = 9,238 % }
6,9578 » » » 0,6425 » » = 9,234 » } im Mittel **9,236** %.

Analyse 8.

7,9810 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0784 g Eiweifs und Hämoglobin = 13,512 % }
6,1544 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8319 g Eiweifs und Hämoglobin = 13,517 % } im Mittel **13,515** %.

4,7236 g Blut gaben 0,8711 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,441 % }
5,9997 g Blut gaben 1,1065 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,442 % } im Mittel **18,442** %.

6,7649 g Serum gaben 0,5302 g Eiweifs = 7,837 % }
6,3206 » » » 0,4950 » » = 7,831 » } im Mittel **7,834** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{18,442 - 13,515}{7,834} \cdot 100 = \mathbf{62,89} \text{ Serum.}$$

5,8278 g Blut gaben 1,1746 g Trockensubstanz = 20,155 % }
5,1587 » » » 1,0398 » » = 20,156 » } im Mittel **20,156** %.

6,9920 g Serum gaben 0,6565 g Trockensubstanz = 9,389 % }
6,8724 » » » 0,6446 » » = 9,379 » } im Mittel **9,384** %.

Analyse 9.

6,7317 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9725 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,446 % }
5,0027 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7229 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,450 % } im Mittel **14,448** %.

4,9177 g Blut gaben 0,9328 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,968 %
5,0927 g Blut gaben 0,9656 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,960 %
6,5262 g Blut gaben 1,2373 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,959 %
} im Mittel **18,662 %**.

5,6145 g Serum A[1]) gaben 0,3841 g Eiweifs = 6,841 %
5,7711 » » A » 0,3948 » » = 6,841 »
} im Mittel **6,841 %**.

7,6612 g Serum B[2]) gaben 0,5163 g Eiweifs = 6,739 %
7,8866 » » B » 0,5316 » » = 6,741 »
} im Mittel **6,740 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{18,662 - 14,448}{6,841} \cdot 100 = \mathbf{61,60} \text{ Serum.}$$

4,5707 g Blut gaben 0,9399 g Trockensubstanz = 20,563 %
5,2937 » » » 1,0889 » » = 20,569 »
} i. M.: **20,566 %**.

5,3921 g Serum A gaben 0,4625 g Trockensubstanz = 8,577 %
6,0336 » » » » 0,5175 » » = 8,576 »
} i. M.: **8,577 %**.

4,1727 g Serum B gaben 0,3510 g Trockensubstanz = 8,411 %
5,2775 » » » » 0,4437 » » = 8,407 »
} i. M: **8,409 %**.

Analyse 10.

4,5340 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5991 g Eiweifs und Hämoglobin = 13,213 %
6,4395 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8510 g Eiweifs und Hämoglobin = 13,215 %
6,3136 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8286 g Eiweifs und Hämoglobin = 13,124 %
} i. M.: **13,184 %**.

6,3079 g Blut gaben 1,1169 g Eiweifs u. Hämogl. = 17,706 %
5,0213 » » » 0,8905 » » » » = 17,734 »
4,9158 » » » 0,8709 » » » » = 17,716 »
7,1575 » » » 1,2673 » » » » = 17,706 »
} i. M.: **17,715 %**.

6,8411 g Serum A gaben 0,4650 g Eiweifs = 6,797 % . . .
6,8988 » » » » 0,4701 » » = 6,814 » . . .
} i. M.: **6,806 %**.

5,4396 g Serum B gaben 0,3651 g Eiweifs = 6,711 % . . .
7,9596 » » » » 0,5351 » » = 6,723 » . . .
} i. M.: **6,717 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17,715 - 13,184}{6,806} \cdot 100 = \mathbf{66,57} \text{ Serum.}$$

1) Unter der Bezeichnung »Serum A« ist in Analyse 9—12 das durch Centrifugieren von defibriniertem Blute erhaltene Serum aufgeführt.

2) »Serum B« umfafst das durch Koagulation des ungeschlagenen Blutes ausgeprefste Serum.

4,9675 g Blut gaben 0,9494 g Trockensubstanz = 19,112 % } i. M.: **19,103 %**.
4,5508 » » » 0,8689 » » = 19,093 »

4,6585 g Serum A gaben 0,3901 g Trockensubstanz = 8,373 % } i. M.: **8,339 %**.
4,6409 » » » » 0,3855 » » = 8,306 »

6,0417 g Serum B gaben 0,4935 g Trockensubstanz = 8,168 % } i. M.: **8,161 %**.
3,7887 » » » » 0,3089 » » = 8,153 »

Analyse 11.

5,2212 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6472 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,396 % } i. M.: **12,407 %**.
5,1866 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6441 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,418 %

6,2277 g Blut gaben 1,0901 g Eiweifs u. Hämogl. = 17,504 % } i. M.: **17,500 %**.
5,0226 » » » 0,8787 » » » » = 17,495 »

4,2828 g Serum A gaben 0,3257 g Eiweifs = 7,604 % . . . } i. M.: **7,600 %**.
5,0210 » » » » 0,3814 » » = 7,596 » . . .

5,5442 g Serum B gaben 0,4186 g Eiweifs = 7,555 % . . . } i. M.: **7,550 %**.
5,0198 » » » » 0,3788 » » = 7,546 » . . .

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17{,}500 - 12{,}407}{7{,}600} \cdot 100 = \mathbf{67{,}01}\ \text{Serum.}$$

3,4221 g Blut gaben 0,6538 g Trockensubstanz = 19,105 % } i. M.: **19,108 %**.
6,8112 » » » 1,3018 » » = 19,112 »

5,0812 g Serum A gaben 0,4518 g Trockensubstanz = 8,891 % } i. M.: **8,891 %**.
6,9395 » » » » 0,6169 » » = 8,889 »
6,9577 « » » » 0,6188 » » = 8,893 »

7,7752 g Serum B gaben 0,6740 g Trockensubstanz = 8,668 % } i. M.: **8,668 %**.
5,5053 » » » » 0,4772 » » = 8,668 »

Analyse 12.

4,1822 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5336 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,759 % } i. M : **12,754 %**.
5,3238 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6788 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,750 %

7,0544 g Blut gaben 1,2422 g Eiweifs u. Hämogl. = 17,609 % } i. M.: **17,622 %**.
5,9998 » » » 1,0581 » » » » = 17,635 »

4,2218 g Serum A gaben 0,3125 g Eiweifs = 7,402 % . . . } i. M.: **7,408 %**.
5,0108 » » » » 0,3715 » » = 7,413 » . . .

3,8666 g Serum B gaben 0,2846 g Eiweifs = 7,360 % . . . } i. M.: **7,364 %**.
4,0554 » » » » 0,2988 » » = 7,367 » . . .

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17,622 - 12,754}{7,408} \cdot 100 = \mathbf{65,71} \text{ Serum.}$$

5,2844 g Blut gaben 0,9990 g Trockensubstanz = 18,904 %
3,2111 » » » 0,6070 » » = 18,903 » } i. M.: **18,903 %**.

4,1286 g Serum A gaben 0,3588 g Trockensubstanz = 8,690 %
5,0448 » » » » 0,4374 » » = 8,670 » } i. M.: **8,680 %**.

4,1005 g Serum B gaben 0,3502 g Trockensubstanz = 8,540 %
4,5628 » » » » 0,3888 » » = 8,521 » } i. M.: **8,530 %**.

Analyse 13.

2,1112 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,2644 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,524 %
4,3218 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5408 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,513 % } i. M.: **12,519 %**.

4,4544 g Blut gaben 0,7802 g Eiweifs u. Hämogl. = 17,515 %
4,4448 » » » 0,7789 » » » » = 17,523 » } i. M.: **17,519 %**.

5,0012 g Serum A gaben 0,3762 g Eiweifs = 7,522 % . . .
5,0121 » » » » 0,3769 » » = 7,519 » . . . } i. M.: **7,520 %**.

4,1228 g Serum B gaben 0,3058 g Eiweifs = 7,417 % . . .
4,2182 » » » » 0,3126 » » = 7,411 » . . . } i. M.: **7,414 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{17,519 - 12,519}{7,520} \cdot 100 = \mathbf{66,49} \text{ Serum.}$$

5,1211 g Blut gaben 0,9812 g Trockensubstanz = 19,159 %
5,0198 » » » 0,9615 » » = 19,154 » } i. M.: **19,156 %**.

8,1286 g Serum A gaben 0,7081 g Trockensubstanz = 8,711 %
6,8878 » » » » 0,6000 » » = 8,711 » } i. M.: **8,711 %**.

7,5036 g Serum B gaben 0,6255 g Trockensubstanz = 8,336 %
8,2314 » » » » 0,6860 » » = 8,334 » } i. M.: **8,335 %**.

Analyse 14.

4,0112 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,4892 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,195 %
5,1128 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6226 g Eiweifs und Hämoglobin = 12,177 % } i. M.: **12,186 %**.

3,8662 g Blut gaben 0,6546 g Eiweifs u. Hämogl. = 16,931 %
4,2112 » » » 0,7128 » » » » = 16,926 » } i. M.: **16,929 %**.

5,1286 g Serum A gaben 0,3702 g Eiweifs = 7,218 % . . .
5,0986 » » » » 0,3678 » » = 7,214 » . . . } i. M.: **7,216 %**.

5,5546 g Serum B gaben 0,3592 g Eiweifs = 7,153 % . . .
5,0218 » » » » 0,3586 » » = 7,140 » . . . } i. M.: **7,147 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{16,929 - 12,186}{7,216} \cdot 100 = \mathbf{65,72} \text{ Serum.}$$

4,0112 g Blut gaben 0,7441 g Trockensubstanz = 18,550 %
5,1289 » » » 0,9514 » » = 18,549 % } i. M.: **18,550 %**.

4,1213 g Serum A gaben 0,3544 g Trockensubstanz = 8,599 %
5,0582 » » » » 0,4350 » » = 8,599 » } i. M.: **8,599 %**.

3,8422 g Serum B gaben 0,3239 g Trockensubstanz = 8,430 %
4,0284 » » » » 0,3389 » » = 8,412 » } i. M.: **8,421 %**.

B. St. Moritz.

Analyse 1.

1,9104 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,2777 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,536 %
0,9832 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,1428 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,524 % } i. M.: **14,530 %**.

11,7097 g Blut gaben 2,2641 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,335 %
3,8997 » » » 0,7531 » » » » = 19,311 »
2,9012 » » » 0,5606 » » » » = 19,323 » } i. M.: **19,323 %**.

5,3303 g Serum gaben 0,4217 g Eiweifs = 7,911 % . . .
5,2740 » » » 0,4167 » » = 7,901 » . . . } i. M.: **7,906 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19,323 - 14,530}{7,906} \cdot 100 = \mathbf{60,62} \text{ Serum.}$$

5,0837 g Blut gaben 1,0526 g Trockensubstanz = 20,705 %
6,0029 » » » 1,2430 » » = 20,706 » } i. M.: **20,706 %**.

3,8998 g Serum gaben 0,3637 g Trockensubstanz = 9,326 %
4,8438 » » » 0,4511 » » = 9,312 » } i. M.: **9,319 %**.

Analyse 2.

2,0544 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,2981 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,510 %
2,0009 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,2903 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,513 % } i. M.: **14,512 %**.

5,8548 g Blut gaben 1,1323 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,339 %
5,8498 » » » 1,1299 » » » » = 19,315 » } i. M.: **19,327 %**.

5,3287 g Serum gaben 0,4312 g Eiweifs = 8,092 %. . . . } i. M.: **8,097** %.
5,3342 » » » 0,4322 » » = 8,102 » . . . . }

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19,327 - 14,512}{8,097} \cdot 100 = \mathbf{59,46} \text{ Serum.}$$

3,0045 g Blut gaben 0,6278 g Trockensubstanz = 20,895 % } i. M.: **20,902** %.
2,4512 » » » 0,5125 » » = 20,908 » }

4,0025 g Serum gaben 0,3811 g Trockensubstanz = 9,521 % } i. M.: **9,524** %.
5,1128 » » » 0,4871 » » = 9,527 » }

Analyse 3.

7,2001 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0401 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,445 %
7,6718 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,1073 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,433 % } i. M.: **14,436** %
6,2937 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9082 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,430 %
8,0331 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,1596 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,435 %

4,1264 g Blut gaben 0,8001 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,389 %
4,0650 » » » 0,7882 » » » » = 19,389 » } i. M.: **19,399** %.
5,3527 » » » 1,0395 » » » » = 19,420 »

3,5942 g Serum gaben 0,2948 g Eiweifs = 8,202 %. . . . } i. M.: **8,202** %.
2,9788 » » » 0,2443 » » = 8,201 » . . . . }

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19,399 - 14,436}{8,202} \cdot 100 = \mathbf{60,51} \text{ Serum.}$$

6,1615 g Blut gaben 1,2973 g Trockensubstanz = 21,055 % } i. M.: **21,039** %
6,3163 » » » 1,3279 » » = 21,023 » }

1,9387 g Serum gaben 0,1931 g Trockensubstanz = 9,959 % } i. M.: **9,957** %.
3,0476 » » » 0,3034 » » = 9,955 » }

Analyse 4.

5,1865 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7551 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,559 %
5,9034 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8592 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,554 % } i. M.: **14,559** %
4,6785 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6814 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,564 %

6,4996 g Blut gaben 1,2388 g Eiweiſs u. Hämogl. = 19,059 %
4,9455 » » » 0,9445 » » » » = 19,098 »
6,1488 » » » 1,1726 » » » » = 19,070 »
i. M.: **19,076** %.

7,2378 g Serum gaben 0,5465 g Eiweiſs = 7,550 % . . . .
8,4781 » » » 0,6402 » » = 7,551 » . . . .
i. M.: **7,550** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}076 - 14{,}559}{7{,}550} \cdot 100 = \mathbf{59{,}83}\ \text{Serum.}$$

4,6383 g Blut gaben 0,9617 g Trockensubstanz = 20,734 %
6,4447 » » » 1,3355 » » = 20,722 »
i. M.: **20,728** %.

5,3114 g Serum gaben 0,4675 g Trockensubstanz = 8,801 %
7,2026 » » » 0,6339 » » = 8,801 »
i. M.: **8,801** %.

Analyse 5.

4,7895 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9505 g Eiweiſs und Hämoglobin = 19,824 %
5,0742 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0063 g Eiweiſs und Hämoglobin = 19,831 %
4,0932 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8119 g Eiweiſs und Hämoglobin = 19,835 %
i. M.: **19,830** %.

5,3506 g Blut gaben 0,7939 g Eiweiſs u. Hämogl. = 14,838 %
6,3172 » » » 0,9378 » » » » = 14,845 »
5,0221 » » » 0,7453 » » » » = 14,840 »
i. M.: **14,841** %.

5,2910 g Serum gaben 0,4400 g Eiweiſs = 8,316 % . . .
6,1449 » » » 0,5103 » » = 8,304 » . . .
i. M.: **8,310** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}830 - 14{,}841}{8{,}310} \cdot 100 = \mathbf{60{,}03}\ \text{Serum.}$$

6,6558 g Blut gaben 1,4318 g Trockensubstanz = 21,512 %
5,8939 » » » 1,2688 » » = 21,526 »
i. M.: **21,519** %.

5,5694 g Serum gaben 0,5433 g Trockensubstanz = 9,575 %
5,0084 » » » 0,4799 » » = 9,581 »
i. M.: **9,578** %.

Analyse 6.

8,1957 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,2024 g Eiweiſs und Hämoglobin = 14,671 %
8,5008 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,2467 g Eiweiſs und Hämoglobin = 14,665 %
11,7208 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,7185 g Eiweiſs und Hämoglobin = 14,662 %
i. M.: **14,666** %.

13,1039 g Blut gaben 2,5360 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,353 %
9,2431 » » » 1,7867 » » » » = 19,330 »
11,1630 » » » 2,1594 » » » » = 19,344 » } i. M.: **19,342 %.**

4,4700 g Serum gaben 0,3480 g Eiweifs = 7,785 % . . . .
5,7006 » » » 0,4440 » » = 7,788 » . . . . } i. M.: **7,787 %.**

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}342 - 14{,}666}{7{,}787} \cdot 100 = \mathbf{60{,}05} \text{ Serum.}$$

8,0414 g Blut gaben 1,6927 g Trockensubstanz = 21,049 %
9,6544 » » » 2,0308 » » = 21,034 » } i. M.: **21,042 %.**

4,6595 g Serum gaben 0,4290 g Trockensubstanz = 9,207 %
6,5206 » » » 0,5998 » » = 9,198 » } i. M.: **9,202 %.**

Analyse 7.

4,6136 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6719 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,561 %
5,6038 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8164 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,568 %
5,5727 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8122 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,574 % } i. M.: **14,568 %.**

5,6034 g Blut gaben 1,0719 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,129 %
5,5727 » » » 1,0665 » » » » = 19,138 » } i. M.: **19,133 %.**

15,8520 g Serum gaben 1,2081 g Eiweifs = 7,621 % . . .
10,0884 » » » 0,7701 » » = 7,633 » . . . } i. M.: **7,627 %.**

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}133 - 14{,}568}{7{,}627} \cdot 100 = \mathbf{59{,}85} \text{ Serum.}$$

6,1189 g Blut gaben 1,2744 g Trockensubstanz = 20,827 %
5,1729 » » » 1,0780 » » = 20,839 » } i. M.: **20,833 %.**

9,5690 g Serum gaben 0,8243 g Trockensubstanz = 8,614 %
11,0430 » » » 0,9515 » » = 8,616 » } i. M.: **8,615 %.**

Analyse 8.

6,6044 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0119 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,321 %
6,5317 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0013 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,329 %
4,2119 g Blut vom Serum befreit, gaben 0,6453 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,321 % } i. M.: **15,324 %.**

4,0509 g Blut gaben 0,8066 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,911 %
6,1618 » » » 1,2276 » » » » = 19,922 » } i. M.: **19,911** %.
4,8586 » » » 0,9669 » » » » = 19,901 »

5,6477 g Serum A gaben 0,4424 g Eiweifs = 7,833 %. . .
5,8544 » » » » 0,4589 » » = 7,839 » . . . } i. M.: **7,838** %.
6,0011 » » » » 0,4707 » » = 7,843 » . . .

8,3210 g Serum B gaben 0,6411 g Eiweifs = 7,704 %. . .
8,6047 » » » » 0,6636 » » = 7,712 » . . . } i. M.: **7,710** %.
4,3023 » » » » 0,3319 » » = 7,714 » . . .

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}911 - 15{,}324}{7{,}838} \cdot 100 = \mathbf{58{,}52}\ \text{Serum.}$$

6,8221 g Blut gaben 1,4657 g Trockensubstanz = 21,484 %
5,6530 » » » 1,2147 » » = 21,487 » } i. M.: **21,486** %.

4,1298 g Serum A gaben 0,3762 g Trockensubstanz = 9,108 %
3,8553 » » » » 0,3512 » » = 9,109 » } i. M.: **9,109** %.

10,6648 g Serum B gaben 0,9447 g Trockensubstanz = 8,858 %
10,9729 » » » » 0,9724 » » = 8,861 » } i. M.: **8,860** %.

Analyse 9.

8,6247 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,2515 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,510 %
4,0876 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5930 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,507 % } i. M.: **14,513** %.
6,5194 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9467 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,521 %

8,3225 g Blut gaben 1,6023 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,252 %
8,7613 » » » 1,6859 » » » » = 19,242 »
7,4794 » » » 1,4403 » » » » = 19,256 » } i. M.: **19,250** %.
8,5833 » » » 1,6516 » » » » = 19,242 »
8,3166 » » » 1,6018 » » » » = 19,260 »

4,6354 g Serum A gaben 0,3683 g Eiweifs = 7,945 %. . .
4,5172 » » » » 0,3583 » » = 7,932 » . . . } i. M.: **7,939** %.

16,8605 g Serum B gaben 1,3169 g Eiweifs = 7,810 % . .
13,0612 » » » » 1,0214 » » = 7,820 » . . } i. M.: **7,815** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}250 - 14{,}513}{7{,}939} \cdot 100 = \mathbf{59{,}67}\ \text{Serum.}$$

5,8520 g Blut gaben 1,2284 g Trockensubstanz = 20,991 % }
4,6802 » » » 0,9827 » » = 20,997 » } i. M.: **20,994** %.

4,9391 g Serum A gaben 0,4342 g Trockensubstanz = 8,791 % }
5,8994 » » » » 0,5181 » » = 8,782 » } i. M.: 8,787 %.

5,2566 g Serum B gaben 0,4466 g Trockensubstanz = 8,496 % }
6,2639 » » » » 0,5327 » » = 8,504 » } i. M.: **8,500** %.

Analyse 10.

6,9488 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0146 g Eiweiſs und Hämoglobin = 14,601 % }
4,2832 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6260 g Eiweiſs und Hämoglobin = 14,615 % } i. M.: **14,608** %.

6,1485 g Blut gaben 1,1813 g Eiweiſs u. Hämogl. = 19,212 % }
6,7468 » » » 1,2967 » » » » = 19,219 » } i. M.: **19,216** %.

7,9969 g Serum A gaben 0,6166 g Eiweiſs = 7,710 % . . . }
7,7904 » » » » 0,6016 » » = 7,722 » . . . } i. M.: **7,716** %.

5,0280 g Serum B gaben 0,3822 g Eiweiſs = 7,601 % . . . }
6,4017 » » » » 0,4872 » » = 7,610 » . . . } i. M.: **7,605** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}216 - 14{,}608}{7{,}716} \cdot 100 = \mathbf{59{,}72}\ \text{Serum.}$$

4,4813 g Blut gaben 0,9316 g Trockensubstanz = 20,788 % }
5,0759 » » » 1,0556 » » = 20,796 » } i. M.: **20,792** %.

6,5475 g Serum A gaben 0,6129 g Trockensubstanz = 9,361 % }
7,5687 » » » » 0,7086 » » = 9,362 » } i. M.: **9,361** %.

4,3788 g Serum B gaben 0,3964 g Trockensubstanz = 9,052 % }
3,7965 » » » » 0,3439 » » = 9,058 » } i. M.: **9,055** %.

Analyse 11.

3,1124 g Serum B gaben 0,2712 g Trockensubstanz = 8,713 % }
3,0028 » » » » 0,2427 » » = 8,711 » } i. M.: **8,712** %.

6,1212 g Serum B gaben 0,4666 g Eiweiſs = 7,622 % . . . }
7,2142 » » » » 0,5505 » » = 7,630 » . . . } i. M.: **7,626** %.

II. Schweineblut.

A. Basel.

Analyse 2.

5,9138 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9463 g Eiweifs und Hämoglobin = 16,001 %
7,1402 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,1434 g Eiweifs und Hämoglobin = 16,013 % } i. M.: **16,007** %.

5,5477 g Blut gaben 1,1263 g Eiweifs u. Hämogl. = 20,302 %
5,7708 » » » 1,1723 » » » » = 20,314 » } i. M.: **20,308** %.

3,9736 g Serum gaben 0,3055 g Eiweifs = 7,688 % . . . .
3,1321 » » » 0,2409 » » = 7,691 » . . . . } i. M.: **7,690** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{20{,}308 - 16{,}007}{7{,}690} \cdot 100 = \mathbf{55{,}93} \text{ Serum.}$$

4,6349 g Blut gaben 1,0341 g Trockensubstanz = 22,311 %
6,0938 » » » 1,3600 » » = 22,317 » } i. M.: **22,314** %.

1,4216 g Serum gaben 0,1325 g Trockensubstanz = 9,320 %
3,0574 » » » 0,2844 » » = 9,301 » } i. M.: **9,310** %.

Analyse 3.

5,5115 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9327 g Eiweifs und Hämoglobin = 16,922 %
5,8009 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9822 g Eiweifs und Hämoglobin = 16,932 %
5,8015 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9828 g Eiweifs und Hämoglobin = 16,940 % } i. M.: **16,931** %.

5,8877 g Blut gaben 1,2508 g Eiweifs u. Hämogl. = 21,244 %
6,1710 » » » 1,3103 » » » » = 21,233 »
5,3680 » » » 1,1406 » » » » = 21,248 » } i. M.: **21,242** %.

7,0414 g Serum gaben 0,5663 g Eiweifs = 8,042 % . . . .
6,2147 » » » 0,4992 » » = 8,032 » . . . . } i. M.: **8,037** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{21{,}242 - 16{,}931}{8{,}037} \cdot 100 = \mathbf{53{,}64} \text{ Serum.}$$

5,8877 g Blut gaben 1,3627 g Trockensubstanz = 23,145 %
5,3623 » » » 1,2408 » » = 23,139 » } i. M.: **23,142** %.

6,2336 g Serum gaben 0,6088 g Trockensubstanz = 9,766 %
6,0474 » » » 0,5901 » » = 9,757 » } i. M.: **9,762** %.

Analyse 4.

5,4122 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8185 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,123 %
5,4211 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8196 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,119 %
6,0028 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9077 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,121 %
} i. M.: **15,121** %.

5,8688 g Blut gaben 1,1281 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,222 %
5,5666 » » » 1,0707 » » » » = 19,234 »
5,4628 » » » 1,0508 » » » » = 19,235 »
} i. M.: **19,230** %.

6,4462 g Serum gaben 0,4513 g Eiweifs = 7,001 % . . . .
6,2842 » » » 0,4405 » » = 7,009 » . . . .
} i. M.: **7,005** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}230 - 15{,}121}{7{,}005} \cdot 100 = \mathbf{58{,}66} \text{ Serum.}$$

5,0028 g Blut gaben 1,0562 g Trockensubstanz = 21,112 %
5,1284 » » » 1,0823 » » = 21,104 »
} i. M.: **21,108** %.

4,0112 g Serum gaben 0,3334 g Trockensubstanz = 8,311 %
4,9999 » » » 0,4160 » » = 8,320 »
} i. M.: **8,316** %.

Analyse 5.

4,1844 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6503 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,541 %
5,1284 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7967 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,535 %
5,0011 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7768 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,532 %
} i. M.: **15,536** %.

3,2286 g Blut gaben 0,6303 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,522 %
6,4822 » » » 1,2650 » » » » = 19,515 »
5,2288 » » » 1,0200 » » » » = 19,507 »
} i. M.: **19,515** %.

4,4228 g Serum gaben 0,3141 g Eiweifs = 7,102 % . . . .
5,1192 » » » 0,3637 » » = 7,104 » . . . .
} i. M.: **7,103** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}515 - 15{,}536}{7{,}103} \cdot 100 = \mathbf{56{,}02} \text{ Serum.}$$

4,2218 g Blut gaben 0,8955 g Trockensubstanz = 21,211 %
4,5054 » » » 0,9560 » » = 21,219 »
} i. M.: **21,215** %.

6,1048 g Serum gaben 0,5129 g Trockensubstanz = 8,401 %
4,2854 » » » 0,3604 » » = 8,409 »
} i. M.: **8,405** %.

Analyse 6.

6,8258 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9762 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,302 %
4,6160 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6603 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,304 %
5,8654 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8390 g Eiweifs und Hämoglobin = 14,304 %
} i. M.: **14,303** %.

6,2423 g Blut gaben 1,1485 g Eiweifs u. Hämogl. = 18,399 %
4,4081 » » » 0,8107 » » » » = 18,391 »
7,0982 » » » 1,3047 » » » » = 18,380 »
} i. M.: **18,390** %.

6,0152 g Serum A gaben 0,4097 g Eiweifs = 6,811 % . .
6,5571 » » » » 0,4462 » » = 6,804 » . .
} i. M.: **6,808** %.

10,4351 g Serum B gaben 0,7084 g Eiweifs = 6,788 % . .
10,4056 » » » » 0,7071 » » = 6,795 » . .
} i. M.: **6,792** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{18{,}390 - 14{,}303}{6{,}808} \cdot 100 = \mathbf{60{,}03} \text{ Serum.}$$

5,2142 g Blut gaben 1,0578 g Trockensubstanz = 20,287 %
4,8787 » » » 0,9901 » » = 20,294 »
} i. M.: **20,290** %.

6,6396 g Serum A gaben 0,5515 g Trockensubstanz = 8,306 %
5,6725 » » » » 0,4712 » » = 8,306 »
} i. M.: **8,306** %.

10,3361 g Serum B gaben 0,8303 g Trockensubstanz = 8,033 %
10,7061 » » » » 0,8593 » » = 8,026 »
} i. M.: **8,030** %.

Analyse 7.

5,4815 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8479 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,468 %
5,3486 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8277 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,475 %
5,3785 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8328 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,483 %
} i. M.: **15,475** %.

5,0688 g Blut gaben 0,9915 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,560 %
5,3584 » » » 1,0481 » » » » = 19,559 »
5,4035 » » » 1,0573 » » » » = 19,567 »
} i. M.: **19,562** %.

8,2185 g Serum A gaben 0,5996 g Eiweifs = 7,295 % . . .
5,0482 » » » » 0,3686 » » = 7,301 » . . .
} i. M.: **7,298** %.

8,1103 g Serum B gaben 0,5828 g Eiweifs = 7,186 % . .
12,1177 » » » » 0,8694 » » = 7,174 » . .
} i. M.: **7,180** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}562 - 15{,}475}{7{,}298} \cdot 100 = \mathbf{56{,}00} \text{ Serum.}$$

5,3277 g Blut gaben 1,1383 g Trockensubstanz = 21,366 % }
5,5145 » » » 1,1772 » » = 21,347 » } i. M.: **21,356** %.

6,0368 g Serum A gaben 0,5552 g Trockensubstanz = 9,196 % }
4,6229 » » » » 0,4248 » » = 9,189 » } i. M.: **9,193** %.

9,0611 g Serum B gaben 0,8175 g Trockensubstanz = 9,022 % }
8,7018 » » » » 0,7854 » » = 9,025 » } i. M.: **9,024** %.

Analyse 8.

4,0011 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6578 g Eiweiſs und Hämoglobin = 16,440 % }
5,2348 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8611 g Eiweiſs und Hämoglobin = 16,449 % } i. M.: **16,445** %.

5,3462 g Blut gaben 1,1019 g Eiweiſs u. Hämogl. = 20,611 % }
6,1221 » » » 1,2619 » » » » = 20,612 » } i. M.: **20,612** %.

4,2245 g Serum A gaben 0,3219 g Eiweiſs = 7,619 % . . . }
6,8495 » » » » 0,5226 » » = 7,629 » . . . } i. M.: **7,624** %.

5,2554 g Serum B gaben 0,3974 g Eiweiſs = 7,561 % . . . }
7,1758 » » » » 0,5435 » » = 7,574 » . . . } i. M.: **7,568** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{20{,}612 - 16{,}445}{7{,}624} \cdot 100 = \mathbf{54{,}65} \text{ Serum.}$$

5,1238 g Blut gaben 1,1535 g Trockensubstanz = 22,512 % }
4,1223 » » » 0,9285 » » = 22,523 » } i. M.: **22,518** %.

6,1452 g Serum A gaben 0,5868 g Trockensubstanz = 9,549 % }
5,5268 » » » » 0,5280 » » = 9,551 » } i. M.: **9,550** %.

7,1831 g Serum B gaben 0,6719 g Trockensubstanz = 9,354 % }
7,1201 » » » » 0,6653 » » = 9,344 » } i. M.: **9,349** %.

Analyse 9.

4,5466 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6996 g Eiweiſs und Hämoglobin = 15,387 % }
4,2134 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6485 g Eiweiſs und Hämoglobin = 15,391 % }
4,1128 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6325 g Eiweiſs und Hämoglobin = 15,379 % } i. M.: **15,386** %.

5,6844 g Blut gaben 1,0979 g Eiweiſs u. Hämogl. = 19,314 % }
6,1128 » » » 1,1813 » » » » = 19,325 » } i. M.: **19,319** %.

5,2846 g Serum A gaben 0,3701 g Eiweifs = 7,003 %. . .
4,8998 » » » » 0,3438 » » = 7,016 » . . . } i. M.: **7,009 %.**

6,2842 g Serum B gaben 0,4396 g Eiweifs = 6,995 %. . .
5,8945 » » » » 0,4127 » » = 7,001 » . . . } i. M.: **6,998 %.**

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}319 - 15{,}386}{7{,}009} \cdot 100 = \mathbf{56{,}11} \text{ Serum.}$$

4,2842 g Blut gaben 0,9087 g Trockensubstanz = 21,210 %
5,1284 » » » 1,0884 » » = 21,223 » } i. M.: **21,217 %.**

4,1262 g Serum A gaben 0,3747 g Trockensubstanz = 9,081 %
4,0103 » » » » 0,3648 » » = 9,096 » } i. M.: **9,089 %.**

7,8042 g Serum B gaben 0,7030 g Trockensubstanz = 9,007 %
8,1689 » » » » 0,7353 » » = 9,001 » } i. M.: **9,004 %.**

Analyse 10.

3,2522 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,5062 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,565 %
4,1128 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6396 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,551 % } i. M.: **15,558 %.**

5,1228 g Blut gaben 0,9989 g Eiweifs u. Hämogl. = 19,499 %
6,1284 » » » 1,1943 » » » » = 19,488 » } i. M.: **19,493 %.**

4,1584 g Serum A gaben 0,2919 g Eiweifs = 7,019 %. . .
6,2842 » » » » 0,4406 » » = 7,011 » . . . } i. M.: **7,015 %.**

4,8444 g Serum B gaben 0,3364 g Eiweifs = 6,944 %. . .
7,1542 » » » » 0,4977 » » = 6,956 » . . . } i. M.: **6,950 %.**

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{19{,}493 - 15{,}558}{7{,}015} \cdot 100 = \mathbf{56{,}09} \text{ Serum.}$$

4,4242 g Blut gaben 0,9429 g Trockensubstanz = 21,312 %
5,2842 » » » 1,1265 » » = 21,318 » } i. M.: **21,315 %.**

5,2242 g Serum A gaben 0,4504 g Trockensubstanz = 8,621 %
2,1284 » » » » 0,1835 » » = 8,622 » } i. M.: **8,622 %.**

4,2844 g Serum B gaben 0,3655 g Trockensubstanz = 8,531 %
2,2142 » » » » 0,1891 » » = 8,540 » } i. M.: **8,536 %.**

Analyse 11.

2,3284 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3563 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,302 %
4,1284 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,6325 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,320 %
2,4133 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3696 g Eiweifs und Hämoglobin = 15,315 %
} i. M : **15,312 %**.

4,5684 g Blut gaben 0,8670 g Eiweifs u. Hämogl. = 18,978 %
5,1111 » » » 0,9704 » » » » = 18,988 »
} i. M.: **18,983 %**.

4,6822 g Serum A gaben 0,3049 g Eiweifs = 6,512 % . . .
5,1366 » » » » 0,3350 » » = 6,521 » . . .
} i M.: **6,516 %**.

6,1842 g Serum B gaben 0,3988 g Eiweifs = 6,448 % . . .
5,4824 » » » » 0,3542 » » = 6,460 » . . .
} i. M.: **6,454 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{18{,}983 - 15{,}312}{6{,}516} \cdot 100 = \mathbf{56{,}34}\ \text{Serum.}$$

2,8422 g Blut gaben 0,5884 g Trockensubstanz = 20,702 %
4,7822 » » » 0,9901 » » = 20,703 »
} i. M.: **20,703 %**.

4,2184 g Serum A gaben 0,3458 g Trockensubstanz = 8,197 %
2,4286 » » » » 0,1991 » » = 8,198 »
} i. M.: **8,198 %**.

2,3181 g Serum B gaben 0,1865 g Trockensubstanz = 8,045 %
4,9112 » » » » 0,3951 » » = 8,044 »
} i. M.: **8,045 %**.

B. St. Moritz.

Analyse 1.

1,9720 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3506 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,779 %
1,4391 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,2559 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,782 %
1,8963 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3373 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,787 %
} i. M.: **17,783 %**.

3,0981 g Blut gaben 0,6831 g Eiweifs u. Hämogl. = 22,049 %
2,1661 » » » 0,4773 » » » » = 22,035 »
} i. M.: **22,049 %**.

1,9820 g Serum gaben 0,1691 g Eiweifs = 8,531 % . . . .
6,6375 » » » 0,5672 » » = 8,545 » . . . .
} i. M.: **8,538 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{22{,}049 - 17{,}783}{8{,}538} \cdot 100 = \mathbf{49{,}96}\ \text{Serum.}$$

4,4524 g Blut gaben 1,0724 g Trockensubstanz = 24,086 %
4,5932 » » » 1,1065 » » = 24,089 » } i. M.: **24,088** %.

1,3002 g Serum gaben 0,1329 g Trockensubstanz = 10,221 %
1,5582 » » » 0,1592 » » = 10,217 » } i. M.: **10,219** %.

Analyse 2.

1,9728 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3552 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,005 %
2,0028 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3606 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,004 %
1,9669 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3541 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,003 % } i. M.: **18,004** %.

2,2112 g Blut gaben 0,4887 g Eiweifs u. Hämogl. = 22,101 %
4,4512 » » » 0,9844 » » » » = 22,115 » } i. M.: **22,108** %.

2,0448 g Serum gaben 0,1679 g Eiweifs = 8,211 % . . . .
3,3182 » » » 0,2728 » » = 8,221 » . . . . } i. M.: **8,216** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{22,108 - 18,004}{8,216} \cdot 100 = \mathbf{49,95} \text{ Serum.}$$

4,4287 g Blut gaben 1,0634 g Trockensubstanz = 24,013 %
4,5886 » » » 1,1021 » » = 24,018 » } i. M.: **24,016** %.

3,0012 g Serum gaben 0,2945 g Trockensubstanz = 9,812 %
6,1284 » » » 0,6013 » » = 9,811 » } i. M.: **9,812** %.

Analyse 3.

5,6306 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0304 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,300 %
4,5675 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8363 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,307 %
5,8558 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0716 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,299 % } i. M.: **18,302** %.

5,0779 g Blut gaben 1,1385 g Eiweifs u. Hämogl. = 22,420 %
5,3771 » » » 1,2061 » » » » = 22,430 »
5,5603 » » » 1,2469 » » » » = 22,425 » } i. M.: **22,425** %.

7,3118 g Serum gaben 0,6033 g Eiweifs = 8,251 % . . . .
5,4153 » » » 0,4474 » » = 8,261 » . . . . } i. M.: **8,256** %.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Hämoglobin im Gesamtblute:

$$\frac{22,425 - 18,302}{8,256} \cdot 100 = \mathbf{49,94} \text{ Serum.}$$

4,9373 g Blut gaben 1,2038 g Trockensubstanz = 24,381 % } i. M.: **24,390** %.
6,1394 » » » 1,4979 » » = 24,398 »

2,5835 g Serum gaben 0,2653 g Trockensubstanz = 10,269 % } i. M.: **10,270** %.
4,3071 » » » 0,4424 » » = 10,271 »

Analyse 4.

6,5718 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,1448 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,419 %
6,0049 g Blut, vom Serum befreit, gaben 1,0449 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,401 % } i. M.: **17,407** %.
5,0073 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8713 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,400 %

7,3216 g Blut gaben 1,5759 g Eiweifs u. Hämogl. = 21,524 %
5,0668 » » » 1,0900 » » » » = 21,512 » } i. M.: **21,522** %.
5,1050 » » » 1,0992 » » » » = 21,531 »

9,2238 g Serum gaben 0,7485 g Eiweifs = 8,115 %. . . . } i. M.: **8,113** %.
9,0822 » » » 0,7366 » » = 8,110 ». . . .

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{21{,}522 - 17{,}407}{8{,}113} \cdot 100 = \mathbf{50{,}72} \text{ Serum.}$$

4,6276 g Blut gaben 1,0896 g Trockensubstanz = 23,545 % } i. M.: **23,548** %.
6,0015 » » » 1,4134 » » = 23,550 »

9,3736 g Serum gaben 0,9374 g Trockensubstanz = 10,000 % } i. M.: **10,001** %.
7,1505 » » » 0,7152 » » = 10,002 »

Analyse 5.

4,8753 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8733 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,912 %
4,8292 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8647 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,905 % } i. M.: **17,913** %.
4,9860 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8936 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,922 %

5,1995 g Blut gaben 1,1335 g Eiweifs u. Hämogl. = 21,801 %
5,0139 » » » 1,0936 » » » » = 21,811 » } i. M.: **21,805** %.
5,2186 » » » 1,1379 » » » » = 21,804 »

8,5962 g Serum gaben 0,6629 g Eiweifs = 7,711 %. . . .
7,2245 » » » 0,5580 » » = 7,723 ». . . . } i. M.: **7,711** %.
4,5270 » » » 0,3486 » » = 7,700 ». . . .

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Hämoglobin im Gesamtblute:

$$\frac{21{,}805 - 17{,}913}{7{,}711} \cdot 100 = \mathbf{50{,}47} \text{ Serum.}$$

4,9241 g Blut gaben 1,1679 g Trockensubstanz = 23,718 % } i. M.: **23,725 %**.
4,9029 » » » 1,1635 » » = 23,731 » }

6,8219 g Serum gaben 0,6506 g Trockensubstanz = 9,537 % } i. M.: **9,539 %**.
10,2067 » » » 0,9739 » » = 9,541 » }

Analyse 6.

4,8748 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8986 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,433 % } i. M.: **18,436 %**.
4,8752 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,8989 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,439 % }

5,0012 g Blut gaben 1,1312 g Eiweifs u. Hämogl. = 22,618 % } i. M.: **22,621 %**.
5,1025 » » » 1,1544 » » » » = 22,624 » }

4,5112 g Serum A gaben 0,3849 g Eiweifs = 8,532 % . . . } i. M.: **8,529 %**.
4,4886 » » » » 0,3827 » » = 8,526 » . . . }

5,0046 g Serum B gaben 0,4217 g Eiweifs = 8,426 % . . . } i. M.: **8,420 %**.
5,1128 » » » » 0,4302 » » = 8,414 » . . . }

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{22,621 - 18,436}{8,529} \cdot 100 = \mathbf{49,07} \text{ Serum.}$$

4,9112 g Blut gaben 1,2044 g Trockensubstanz = 24,523 % } i. M.: **24,521 %**
5,0422 » » » 1,2363 » » = 24,519 » }

5,1916 g Serum A gaben 0,5509 g Trockensubstanz = 10,611 % } i. M.: **10,614 %**.
5,2277 » » » » 0,5550 » » = 10,616 » }

8,2657 g Serum B gaben 0,7839 g Trockensubstanz = 9,484 % } i. M.: **9,481 %**.
7,8516 » » » » 0,7442 » » = 9,478 » }

Analyse 7.

5,1124 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9168 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,932 % } i. M.: **17,928 %**.
5,0899 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,9123 g Eiweifs und Hämoglobin = 17,923 % }

5,1284 g Blut gaben 1,1231 g Eiweifs u. Hämogl. = 21,899 % } i. M.: **21,905 %**.
5,0555 » » » 1,1077 » » » » = 21,910 » }

6,0112 g Serum A gaben 0,4779 g Eiweifs = 7,950 % . . . } i. M.: **7,963 %**.
6,2846 » » » » 0,5013 » » = 7,976 » . . . }

5,8662 g Serum B gaben 0,4589 g Eiweifs = 7,822 % . . . } i. M.: **7,818 %**.
5,7754 » » » » 0,4513 » » = 7,814 » . . . }

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{21,905 - 17,928}{7,963} \cdot 100 = \mathbf{49,94} \text{ Serum.}$$

4,9487 g Blut gaben 1,1779 g Trockensubstanz = 23,802 %
6,4349 » » » 1,5326 » » = 23,817 » } i. M.: **23,810 %**

3,2702 g Serum A gaben 0,3212 g Trockensubstanz = 9,822 %
2,8261 » » » » 0,2777 » » = 9,826 » } i. M.: **9,824 %**.

5,5777 g Serum B gaben 0,5411 g Trockensubstanz = 9,701 %
5,7527 » » » » 0,5586 » » = 9,710 » } i. M.: **9,706 %**.

Analyse 8.

2,1232 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,3890 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,321 %
3,8422 g Blut, vom Serum befreit, gaben 0,7035 g Eiweifs und Hämoglobin = 18,309 % } i. M.: **18,315 %**.

4,0015 g Blut gaben 0,8843 g Eiweifs u. Hämogl. = 22,099 %
5,1213 » » » 1,1324 » » » » = 20,111 » } i. M.: **22,105 %**.

4,3444 g Serum A gaben 0,3311 g Eiweifs = 7,621 % . . .
3,9842 » » » » 0,3041 » » = 7,632 » . . . } i. M.: **7,627 %**.

5,1234 g Serum B gaben 0,3869 g Eiweifs = 7,551 % . . .
6,2842 » » » » 0,4745 » » = 7,551 » . . . } i. M.: **7,551 %**.

Berechnung des Verhältnisses von Serum und Blutkörperchen im Gesamtblute:

$$\frac{22{,}105 - 18{,}315}{7{,}627} \cdot 100 = \mathbf{49{,}69} \text{ Serum.}$$

5,1232 g Blut gaben 1,2302 g Trockensubstanz = 24,012 %
5,0132 » » » 1,2035 » » = 24,006 » } i. M: **24,009 %**.

3,1122 g Serum A gaben 0,3003 g Trockensubstanz = 9,647 %
2,2822 » » » » 0,2201 » » = 9,644 » } i. M.: **9,646 %**.

2,0112 g Serum B gaben 0,1913 g Trockensubstanz = 9,511 %
4,2333 » » » » 0,4024 » » = 9,505 » } i. M.: **9,508 %**.

Analyse 9.

2,0040 g Serum A gaben 0,1884 g Trockensubstanz = 9,401 %
3,3621 » » » » 0,3162 » » = 9,404 » } i. M.: **9,402 %**.

6,2431 g Serum A gaben 0,4759 g Eiweifs = 7,622 % . . .
7,1050 » » » » 0,5408 » » = 7,611 » . . . } i. M.: **7,617 %**.

2,4221 g Serum B gaben 0,2185 g Trockensubstanz = 9,021 %
3,2179 » » » » 0,2903 » » = 9,021 » } i. M.: **9,021 %**.

5,4439 g Serum B gaben 0,4089 g Eiweifs = 7,511 % . . .
6,2170 » » » » 0,4668 » » = 7,508 » . . . } i. M.: **7,510 %**.

III. Schafblut.

A. Basel.

11,7080 g Serum B gaben 0,9605 g Trockensubstanz = 8,203 % } i. M.: **8,206** %.
13,2110 » » » » 1,0844 » » = 8,208 »

9,7157 g Serum B gaben 0,6580 g Eiweifs = 6,772 % . . . } i. M.: **6,771** %.
6,6422 » » » » 0,4497 » » = 6,770 » . . .

B. St. Moritz.

5,2112 g Serum B gaben 0,4388 g Trockensubstanz = 8,420 % } i. M.: **8,425** %.
6,0012 » » » » 0,5059 » » = 8,429 »

7,0115 g Serum B gaben 0,4852 g Eiweifs = 6,920 % . . . } i. M.: **6,915** %.
4,1111 » » » » 0,2841 » » = 6,910 » . . .

Über die Bildung von Glykogen aus Kohlehydraten bei Ascaris.

Von

Ernst Weinland und **Adolf Ritter**.

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

Nachdem sich gezeigt hat, dafs das tierische Leben, ebenso wie das pflanzliche, sowohl in der Weise ablaufen kann, dafs Sauerstoff zur Verbrennung von aufsen zugeführt wird, als auch in der Weise, dafs dies nicht geschieht, vielmehr der zur Oxydation nötige Sauerstoff den zugeführten Verbindungen selbst entnommen wird[1]), wie es bei der Gärung der Fall ist, wurde die Frage von Interesse, ob diese gärenden Tiere überhaupt, d. h. auch in anderer Hinsicht ein von den übrigen Tieren weit abweichendes Verhalten aufweisen, oder ob sie sich in anderen Eigenschaften den Sauerstoff aufnehmenden Tieren gleich bezw. ähnlich verhalten.

Wenn dies letztere der Fall ist, so steigt die Berechtigung, eine Analogie zwischen den Aëroben und anaëroben Tieren zu ziehen und bei den aëroben Tieren neben den echten oxydativen auch Gärungsvorgänge speziell des Kohlehydrats für möglich zu halten, die nur durch hinzutretende oxydative Vorgänge verdeckt werden.

Wir haben deshalb einen solchen Vergleichspunkt, über welchen bei den aëroben Tieren ausführliche Angaben vorliegen,

1) Weinland, Zeitschr. f. Biol. 1901, Bd. 42 S. 55 ff.

nämlich die Frage nach der Bildung von Glykogen nach Zufuhr verschiedener Zucker bei Ascaris näher untersucht.

Wir stellten mehrere Versuchsreihen an, das Verfahren war bei allen insoweit gemeinsam, dafs bei jeder Versuchsreihe in einer Partie der sorgfältig gewaschenen Tiere der Glykogengehalt bestimmt wurde, (in der bisher geübten Weise unter viermaligem Wiederlösen des Niederschlags), während der Rest zusammen oder in mehrere Gruppen verteilt, in Kochsalzlösung von 1% bei 37° ohne Ventilation am Leben gehalten und mit einem bestimmten Zucker behandelt wurde. Was die Einzelheiten hierbei betrifft, so sind wir bei den verschiedenen Versuchsarten verschieden verfahren. Die Endglykogenbestimmung nach 1, 2 etc. Tagen mufste ergeben, ob der prozentische Gehalt der Tiere an Glykogen abgenommen, gleich geblieben, oder zugenommen hatte. Dabei mufste eine Bildung von Glykogen erschlossen werden, sobald der Endgehalt der Tiere an Glykogen (in Prozenten des Anfangsgewichts) gröfser war als der Anfangsgehalt (der Kontrolltiere). Die Möglichkeit, dafs hierbei das in den Tieren täglich in Zerfall kommende Eiweifs nennenswert in Betracht komme, kann in Anbetracht der sehr geringen Stickstoffausgabe der Tiere während des Hungers von etwa 11 mg N pro 100 g Tier und Tag[1]) vernachlässigt werden. Die Bildung oder die Ersparnis von Glykogen war dagegen zu folgern, wenn der Glykogengehalt sich gleich blieb, oder wenn er in beträchtlich geringerem Mafse abnahm, als dies beim hungernden Tiere stattfindet, d. h. wenn im Tag an Glykogen weniger als 0,7% des Anfangsgewichts der Tiere in Verlust gerieten.

Zuerst haben wir den einfachsten Weg versucht und den betreffenden Zucker im Aufsenwasser der Tiere gelöst. Dabei liefsen wir die Tiere, um sie glykogenarm zu machen, vor dem Versuchsbeginn einen oder mehrere Tage hungern.

In Versuchsreihe I (24. I. 1902) enthielten die Kontrolltiere (67,5 g) am 26. I. nach 2tägigem Hungern 1,88 g Glykogen = **2,79**%.

1) **Weinland**, a. a. O. S. 74.

Die Tiere des Versuchs (40,5 g) wurden, mit 34,0 g Dextrose (auf 455 g Kochsalzlösung) versetzt, einen Tag am Leben gehalten; die bei Beginn des Versuchs gequollenen Tiere waren am Ende desselben beträchtlich geschrumpft, es fanden sich nur noch 0,822 g Glykogen = **2,03%**. Dies bedeutet einen Glykogenverlust von 0,76% Glykogen auf den Tag, d. h. es hatte keine Glykogenbildung oder -Ersparung stattgefunden. Die Tiere hatten nichts oder so gut wie nichts von der umgebenden Zuckerlösung aufgenommen. Im Aufsenwasser fanden sich noch (Bestimmung nach Allihn) 34,1 g Dextrose, was völlig mit dem Ergebnis der Glykogenbestimmung übereinstimmt.

V. Schröder[1]) hatte in seinen Versuchen über die Wirkung einiger Gifte auf Ascaris ebenfalls beobachtet, dafs diese grofsenteils nicht von den Tieren aufgenommen werden. Hier würde ein ähnlicher Fall vorliegen. In v. Schröders Versuchen wurde Rohrzucker von den Ascariden aufgenommen, dagegen z. B. Ferrocyankalium mit Strichnin nicht.

Es wurde eine zweite Versuchsreihe angestellt unter Zusatz von gekochter Stärke und Dextrin (den hauptsächlichsten Ursprungsstoffen der Dextrose im Schweinedarm) zu den Versuchstieren.

II. Tiere am 31. I. 1902 erhalten.

Versuch a) 25,0 g Kontrolltiere enthalten am 1. II. 1,07 g Glykogen = **4,27%**.

Versuch b) 36,0 g Ascaris am 1. II. mit je 8,0 g gekochter Stärke und Dextrin versetzt, enthalten am 3. II. 0,798 g Glykogen = **2,22%**.

Dies ergibt wie Versuch 1 einen Glykogen-Verlust an den Tieren, der in 2 Tagen 2,0% der Tiere ausmacht, d. h. mehr als im Mittel an diesen 2 Tagen verschwunden sein würde.

Es war also weder mit der einfachen Hexose noch mit deren Polysacchariden gelungen, bei den Tieren eine Glykogenersparnis oder gar-Bildung hervorzubringen.

---

1) Archiv f. exp. Path. u. Pharmak. 1885, Bd. 19 S. 290.

Es wurde nun in einer 3. Versuchsreihe 1. ein Teil der Tiere sogleich am ersten Tage, frisch, mit Dextrose versetzt, 2. die übrigen Tiere in 4 Partien mit Trypsin, Galle, abgeschabter Mucosa des Dünndarms, oder mit einer Mischung dieser drei im Innern der Darms mit ihnen in Berührung kommenden Substanzen, in dextrosehaltige Kochsalzlösung gebracht.

III. Tiere am 3. II. 1902 erhalten, bei allen Versuchen dieser wie der folgenden Reihe wird Kohlensäure in die Behälter eingeleitet bis zur Sättigung und die Kolben dann verschlossen.

IIIa. 46,5 g Ascaris am 3. II. mit 10,0 g Dextrose versetzt, enthalten am 5. II. (43,5 g Ascaris) 1,92 g Glykogen = **4,12 %**.

IIIb. 41,5 g Ascaris am 4. II. (nach 1 tägigem Hungern) mit 10,0 g Dextrose versetzt, unter Zusatz von Trypsin aus Schweinepankreas, enthalten am 6. II. 1,16 g Glykogen = **2,79 %**.

IIIc. 42,0 g Ascaris am 4. II. (nach 1 tägigem Hungern) zur Kontrollbestimmung benutzt, enthalten 1,71 g Glykogen = **4,07 %**.

IIId. 32,5 g Ascaris am 5. II. (entsprechend 31,5 g Ascaris am 4. II.) werden nach 2 tägigem Hungern mit 10,0 g Dextrose versetzt, unter Zusatz von Schweinegalle (50 ccm) und enthalten am 6. II. 0,676 g Glykogen = **2,14 %**.

IIIe. 33,5 g Ascaris am 5. II. (entsprechend 32,5 Ascaris am 4. II.) werden nach 2 tägigem Hungern mit 10,0 g Dextrose versetzt unter Zusatz von 33 ccm abgeschabter Mucosa vom Dünndarm des Schweins. Sie enthalten am 6. II. 1,11 g Glykogen = **3,42 %**.

IIIf. 45,0 g Ascaris am 5. II. (entsprechend 43,6 g Ascaris am 4. II.) werden nach 2 tägigem Hungern mit 10,0 g Dextrose versetzt unter Zusatz von Pankreastrypsin, Schweinegalle (50 ccm) und Mucosa (33 ccm). Sie enthalten am 6. II. 1,25 g Glykogen = **2,86 %**.

Das Ergebnis von Versuch IIIa haben wir für sich zu besprechen. Bei demselben wurden die Tiere frisch, ohne vorausgehende längere Hungerzeit, in die Dextroselösung, die wie bei den übrigen Versuchen etwa 4 proz. war, gesetzt. Nach

2 Tagen, am 5. II., fand sich bei denselben ein Glykogengehalt von 4,12 %. Die Kontrolltiere (III c) enthielten dagegen am 4. II. nach 1 tägigem Hungern 4,07 % Glykogen. Berechnen wir (s. o.) daraus den Anfangsglykogengehalt der Tiere von Versuch III a, so erhalten wir etwa 4,8 % also mehr, als die mit Dextrose zusammengebrachten Tiere am Ende des Versuchs (5. II.) enthielten. Berechnen wir aber aus den Kontrolltieren den Glykogengehalt für hungernde Tiere am 5. II., dem Ende des Versuchs, so erhalten wir etwa 3,3—3,4 %, d. h. bedeutend weniger, als sich in den mit Dextrose versetzten Tieren an diesem Tage fand. Daraus ergibt sich, daſs in diesem Versuch die Tiere Dextrose aus dem Auſsenwasser aufgenommen haben, daſs es infolge dieser Aufnahme zwar in einer beträchtlichen Ersparnis des in ihnen enthaltenen Glykogens kam, daſs dieses sich aber doch nicht auf der ursprünglichen Höhe gehalten, vielmehr immerhin fortwährend sich vermindert hat. Worauf die diesmalige Dextroseaufnahme bei den Tieren zu beziehen sei, ob auf die geringere Konzentration der Zuckerlösung, oder auf die Vermeidung einer längeren Hungerperiode (die meist mit Quellen der Tiere einhergeht), vor der Zuckergabe, lassen wir dahingestellt, (s. u. bei Versuch III e).

In den 4 übrigen Versuchen III b, d, e und f wurde, wie erwähnt, Trypsin, Galle, Mucosa des Dünndarms oder ein Gemisch dieser Drei der Zuckerlösung hinzugefügt. Es ergibt sich bei denselben in Versuch III e bei alleinigem Zusatz von Dünndarmmucosa das günstigste Ergebnis. Die Tiere enthalten am 6. II. 3,42 % Glykogen und ihr Glykogengehalt bei fortwährendem Hungern berechnet sich aus dem der Kontrolltiere auf etwa 2,6 — 2,7 %. Es hat also in diesem Versuch wie in Versuch III a eine Aufnahme von Dextrose und eine Ersparnis von Glykogen stattgehabt. Die 2 tägige Carenz hat die Aufnahme von Dextrose nicht unmöglich gemacht.

In 2 Versuchen, III b und III f, in welchen Trypsin bezw. das oben genannte Gemisch zum Auſsenwasser der Tiere gegeben wurde, fanden sich am 6. II. 2,79 bezw. 2,86 % Glykogen in den Ascariden. Dies ist fast völlig die für diesen Tag be-

rechnete Gröfse bei kontinuierlichem Hungern von 2,6 — 2,7 %. Es ist also in diesen Versuchen nicht von einer Aufnahme von Dextrose zu sprechen, vielmehr verhielten sich diese Tiere im wesentlichen wie Hungertiere.

Am ungünstigsten ist das Ergebnis bei Versuch IIId, in welchem Galle zu der Aufsenflüssigkeit gesetzt wurde. Der Glykogengehalt sinkt beträchtlich unter den bei reinem Hunger zu erwartenden. Vielleicht übt die Galle ohne andere Beimischungen auf die Tiere einen nachteiligen Einflufs.

Es wurde nun an diese Versuchsreihe in gleicher Richtung eine 4. Reihe gefügt, in welcher die Tiere ebenfalls unter Kohlensäure, mit anderen Kohlehydraten Lävulose und Ascarisglykogen im Aufsenwasser zusammengebracht wurden.

IV. Tiere am 7. II. 1902 erhalten.

IVa. 53,0 g Ascaris enthalten am 7. II. 3,59 g Glykogen = **6,77 %**.

IVb. 44,0 g Ascaris werden am 7. II. mit 10,0 g Lävulose versetzt, enthalten am 9. II. 1,834 g Glykogen = **4,17 %**.

IVc. 41,0 g Ascaris werden am 7. II. mit 4,4 g Ascarisglykogen versetzt, enthalten am 9. II. 1,95 g Glykogen = **4,77 %**.

Der für den 9. II. aus dem Glykogengehalt der Kontrolltiere berechnete Wert für hungernde Tiere beträgt 5,3—5,4 % Glykogen. In beiden Versuchen ist diese Grenze nach unten überschritten. In keinem derselben kann also von einer Aufnahme die Rede sein, weder von der Lävulose noch von Glykogen.

Es war in diesen 4 Reihen nur gelungen durch Dextrosezufuhr eine Ersparnis an Glykogen in den Tieren zu bewirken, aber auch diese Ersparnis trat nicht regelmäfsig ein, und wenn sie eintrat, hielt sie sich stets in niederen Grenzen, so dafs die Tiere immer noch von dem in ihnen aufgespeicherten Glykogen während der Fütterung mit Dextrose zusetzen mufsten. Mit Lävulose ebenso wie mit einigen Polysachariden hatten wir dagegen nur negative Erfolge gehabt.

Besonders deutlich war aus den Versuchen mit Dextrose zu sehen, dafs die Tiere willkürlich mehr oder weniger Zucker aus der umgebenden Lösung aufnehmen konnten, und es

liefs sich deshalb nicht bezweifeln, dafs bei denselben ganz anders als bei Tänia die Mundöffnung und der Darm von entscheidender Bedeutung für die Nahrungsaufnahme ist, dafs durch die allgemeine Oberfläche des Körpers keine Nahrungsstoffe in die Nematoden eindringen, wie es bei den Cestoden angenommen werden mufs. Wenn wir somit sicher sein wollten, dafs die Tiere Zucker aufnahmen, so war es nötig, dies nicht von ihrer Fähigkeit, denselben per os aufzunehmen oder nicht, abhängen zu lassen. Wir stellten deshalb die folgenden Versuche in der Weise an, dafs wir den Tieren mittels einer Pravazschen Spritze konzentrierte Zuckerlösungen injizierten[1]).

Versuchsreihe V. Tiere am 14. II. 1902 erhalten.

Va. 27,5 g Ascaris enthalten am 14. II. 1,67 g Glykogen = **6,08%**.

Vb. 31,5 g Ascaris, am 14. II. mit 10,0 g Dextrose im Aufsenwasser versetzt, enthalten am 17. II. 1,263 g Glykogen = **4,01%**.

Vc. 47 g Ascaris am 14. II. mit einer Dextroselösung (4 g Dextrose ad 10 ccm Lösung aufgefüllt) injiziert (pro Tier etwa $^1/_2$ ccm), enthalten am 16. II. 2,56 g Glykogen = **5,44%**.

Es ergibt sich zunächst aus dem Versuch Vb, der als Wiederholung der früheren Versuche mit Zuckerzusatz zum Aufsenwasser angestellt war, dafs das Glykogen in den Tieren in 3 Tagen um 2,07% abgenommen hatte d. h. genau um die Menge, um die es hätte abnehmen müssen, wenn die Tiere gehungert hätten (2,1%), dafs die Tiere also Zucker nicht in nachweisbarer Menge aufgenommen haben.

1) Die Tiere pressen dabei oft einen Teil der Lösung an der Einstichstelle des Körpers wieder heraus, so dafs nicht genau angegeben werden kann, wie viel Zucker thatsächlich jedem einverleibt wurde; auch kommt es nicht selten vor, dafs sie einen feinen Strahl von sauer reagierender Flüssigkeit zum Munde oder After, oft ziemlich weit, herausspritzen. — Es empfiehlt sich bei den weiblichen Exemplaren die Injektionsstelle ziemlich weit vorne zu wählen, da andernfalls zur Einstichstelle leicht gröfsere oder kleinere Partien der schnurförmigen Genitalien austreten.

Auf das Befinden der Tiere schien die kleine Verletzung keinen bemerkenswerten Einflufs zu üben.

Wesentlich hiervon verschieden ist das Ergebnis bei Versuch Vc, in welchem die Tiere mit Dextroselösung injiziert und dann 2 Tage am Leben gehalten wurden. Für hungernde Tiere berechnet sich hier der Glykogengehalt auf 4,6—4,7 %, es finden sich dagegen noch 5,4 % Glykogen in den Tieren; es hatte also hier eine Ersparnis an Glykogen stattgehabt bei Injektion des Traubenzuckers, während die Tiere bei Lösung des Zuckers im Aufsenwasser keine Glykogenersparnis erkennen liefsen.

Es folgt daraus, dafs dieser Weg der Injektion des Zuckers in die Tiere für die Versuche gangbar war, indem er von der Fähigkeit der Tiere, Nahrung zu sich zu nehmen, oder abzuweisen, unabhängig machte.

Versuchsreihe VI. Tiere am 21. II. 1902 erhalten, wie stets gewaschen und über Nacht bei 37° unter Kohlensäure in 1 proz. Kochsalzlösung gehalten.

VIa. 46,5 g Ascaris am 22. II. enthalten 2,443 g Glykogen = **5,25 %**.

VIb. 49,3 g Ascaris am 22. II. mit Dextroselösung (4,0 g in 8,0 ccm) injiziert (pro Tier 0,3—0,4 ccm), enthalten am 24. II. 2,25 g Glykogen = **4,57 %**.

VIc. 49,7 g Ascaris, am 22. II. mit Lävuloselösung (4,0 g in 9,5 ccm Lösung) injiziert (pro Tier 0,3—0,4 ccm) enthalten am 24. II.: 2,21 g Glykogen = **4,45 %**.

VId. 50,0 g Ascaris, am 22. II. mit Galactoselösung (3,0 g in 10 ccm Lösung) injiziert (pro Tier 0,3—0,4 ccm), enthalten am 24. II.: 2,145 g Glykogen = **4,29 %**.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, analog der Versuchsreihe V, dafs Dextroseinjektion Glykogenersparung bei Ascaris bewirkt: der für den 2. Hungertag (24. II.) nach der Kontrollbestimmung berechnete Glykogengehalt der Tiere beträgt 3,8—3,9 % während sich in den Tieren noch 4,57 % Glykogen finden. Auch bei Lävulose und Galactose findet sich ein ähnliches Verhalten, nur ist bei diesen beiden die Ersparnis von Glykogen etwas geringer, am geringsten bei Galactose, was vielleicht mit der geringen Menge, die injiziert wurde, zu-

sammenhängt; immerhin ist hier die Ersparung mit nur etwa 0,4 % kaum mehr ins Gewicht fallend.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde das Verhalten eines Disaccharids des Milchzuckers geprüft, welchen die Tiere in der Milch und in den Abfällen bei der Verarbeitung derselben reichlich erhalten.

Versuchsreihe VII. Tiere am 27. II. 1902 erhalten.

VIIa. 34,0 g Ascaris enthalten am 27. II. 2,236 g Glykogen = **6,58 %**.

VIIb. 42 g Ascaris werden am 27. II. mit einer Lösung bezw. Aufschwemmung von 4 g Milchzucker in 10 ccm Lösung injiziert (pro Tier 0,3—0,4 ccm); aufserdem wird noch Milchzucker ins Aufsenwasser gegeben. Die Tiere enthalten am 1. III. 1,615 g Glykogen = **3,84%**. Das Osazon des Zuckers im Aufsenwasser ist in heifsem Wasser löslich, fällt beim Erkalten aus, zeigt unter dem Mikroskop nur die Strahlenkugeln des Lactosazons. Es dürfte sich also auch am Ende des Versuchs nur Lactose im Aufsenwasser befunden haben.

Das Ergebnis dieses Versuches spricht gegen eine Verwendung des Milchzuckers durch die Tiere. Der für den 2. Hungertag (1. III.) berechnete Glykogenwert beträgt etwa 5,2 %, also bedeutend mehr als wir in den Tieren an diesem Tage gefunden haben. Es liegt deshalb kein Grund vor, an eine Verwertung des Milchzuckers durch Ascaris zu denken; es ist hierbei jedoch vielleicht möglich, dafs sich im Darm von Ascaris eine Lactase befindet, mit welcher bei der Injektion die Milchzuckerlösung nicht in Berührung zu kommen braucht, so dafs die Glykogenbildung aus Milchzucker bei Ascaris immerhin stattfinden könnte, bei Aufnahme desselben per Os. Wahrscheinlich scheint uns diese Annahme deshalb nicht zu sein, weil die Tiere im vorliegenden Versuch Milchzucker im Aufsenwasser vor sich hatten, und sich trotzdem keine Spur einer Ersparung von Glykogen durch denselben beobachten liefs, wie dies gewöhnlich, wenn auch in geringem Mafse, bei Dextrose im Aufsenwasser der Fall ist.

Des weiteren wurden in dieser Versuchsreihe noch 2 Versuche angestellt, in welchen das Verhalten das Glykogens in Ascariden geprüft wurde, welche mit Toluol getötet, bezw. zerrieben waren.

VIIc. 38,5 g Ascaris wurden am 27. II., nachdem sie mit Toluol abgetötet waren, mit Dextroselösung (4,0 g in 10 ccm Lösung) injiziert, am 1. III. fand sich in den Tieren noch 1,72 g Glykogen = **4,47%**.

VIId. 36 g Ascaris wurden am 27. II. mit **20 g** Quarzsand und 5 g Dextrose (Summa 61,5 g) grob zerrieben und 55,0 g von diesem Brei mit 50 ccm 1 proz. Kochsalzlösung und Toluol bei 37° erhalten. Das anfangs schwach alkalische Gemisch reagierte am 1. III. kräftig sauer und enthielt 1,40 g Glykogen = **4,28%**.

Aus diesen beiden Versuchen folgt, dafs die Zersetzung von Glykogen auch nach dem Tod der Tiere statt hat und von diesem unabhängig sein dürfte. Dabei ist aber nichts mehr von einer Ersparnis bezw. gar Bildung von Glykogen aus dem zugeführten Traubenzucker zu beobachten. Die Glykogenzersetzung geht weiter, ohne Rücksicht auf etwa daneben vorhandenem Traubenzucker.

Die bisherigen Versuche mit Injektion von Zuckerlösung in die lebenden Tiere hatten zwar, besonders bei Dextrose, eine Ersparung von Glykogen durch Zucker sicher ergeben, nie aber den Beweis für die Bildung von Glykogen geliefert. Es lag die Vermutung nahe, dafs die geringe Menge des den Tieren einverleibten Zuckers hieran die Schuld trage. In 0,5 ccm einer 40 proz. Dextroselösung sind 0,2 g Dextrose enthalten. Von diesen prefst das Tier einen grofsen Teil durch die Einstichöffnung wieder aus, so dafs wohl meist nur eine geringe Zuckermenge zurück bleibt, eine Menge, die sehr leicht kleiner sein kann, als das im Verlauf von 2 Versuchstagen durch das Tier verbrauchte Glykogen.

Wir haben deshalb, ausgehend von der Erfahrung (Prausnitz, Hergenhahn u. a.)[1]), dafs beim Warmblüter die aus

1) Prausnitz, Zeitschr. f. Biol. 1890, Bd. 26 S. 377. — Hergenhahn Zeitschr. f. Biol. 1890, Bd. 27 S. 215.

eingeführtem Zucker gebildete Glykogenmenge innerhalb weniger als 24 Stunden ihr Maximum erreicht, die Tiere täglich, innerhalb zweier Versuchstage 2 mal, mit der Zuckerlösung injiziert. Die Ascariden ertragen diesen Eingriff ganz gut.

Versuchsreihe VIII. Tiere am 7. III. 1902 erhalten.

VIIIa. 31,2 g Ascaris enthalten am 7. III. 1,84 g Glykogen = **5,89%**.

VIIIb. 42,5 g Ascaris werden am 7. und am 8. III. je mit Dextroselösung (4,0 g in 10 ccm Lösung) injiziert, enthalten am 9. III. 2,72 g Glykogen = **6,41%**.

VIIIc. 45,0 g Ascaris werden am 7. und am 8. III. je mit Galactoselösung (3,0 g in 10 ccm Lösung) injiziert, enthalten am 9. III. 1,94 g Glykogen = **4,31%**.

VIIId. 41,5 g Ascaris werden am 7. und am 8. III. je mit Maltose (4 g in 10 ccm Lösung) injiziert, enthalten am 9. III. 2,205 g Glykogen = **5,31%**.

Aus dem Dextroseversuch dieser Reihe ergibt sich. dafs der eingeschlagene Weg thatsächlich zu Glykogenmengen führt, die über die ursprünglich in den Tieren enthaltene Menge hinausgehen. Die frischen Tiere enthielten 5,89% Glykogen, nach 2 Hungertagen wären in ihnen etwa 4,5% Glykogen als noch vorhanden anzunehmen gewesen. Thatsächlich fanden sich in den Tieren 6,41% d. h. die Glykogenzersetzung wurde durch die injizierte Glucose nicht nur kompensiert, es kam vielmehr durch dieselbe noch zu einem beträchtlichen Ansatz von Glykogen. Es ist also durch diesen Versuch nicht nur die Ersparung sondern auch die Bildung von Glykogen aus Dextrose bei Ascaris erwiesen, völlig ebenso wie dies beim höheren Tiere beobachtet wurde.

Im Gegensatz hierzu ergab der Galactoseversuch ein völlig negatives Resultat. Die Tiere enthielten am 9. III. nicht mehr (sondern etwas weniger) als den für Hunger berechneten Wert (4,31% gegen etwa 4,5%), es ist also in diesem Fall selbst nicht von einer Ersparnis des Glykogens durch Galactose die Rede, wie eine solche bei Versuch VId wahrscheinlich schien.

Es ist demnach nach diesen beiden Injektionsversuchen mit Galactose dieser Zucker für Ascaris, wenn überhaupt, so doch in bedeutend geringerem Grade zur Glykogenbildung geeignet, als Dextrose, ein Verhalten, das ebenfalls demjenigen bei den höheren Tieren analog ist.

Der Versuch mit Maltose ergab dagegen eine beträchtliche Ersparung von Glykogen; es fanden sich nach 2 Hungertagen 5,31% gegenüber dem für Hunger berechneten Wert von etwa 4,5%. Immerhin ist auch bei Maltose der Glykogengehalt der Tiere bedeutend geringer als bei Traubenzucker. Es ist möglich, dafs es sich hier nur um eine Ersparung von Glykogen handelt, dafs also Maltose an seiner Statt zersetzt wird: es ist aber auch möglich, dafs Maltose bei Ascaris ein Glykogenbildner ist, wie beim höheren Tier, und es bleibt dann die Frage offen, ob die Maltose vor ihrer Verwertung zu diesem Zweck durch das Tier gespalten werden mufs, oder ob sie direkt weiter in Glykogen umgebildet werden kann.

Fassen wir das Ergebnis der mitgeteilten Versuche kurz zusammen, so ergibt sich aus denselben, dafs die Ascariden nicht wie die Tänien mit ihrer gesamten Körperoberfläche die Nahrung aufnehmen, dafs sie diese vielmehr wie die freilebenden verwandten Tiere, nur durch den Mund in ihren Körper einführen. Es liegt somit hier ein noch verhältnismäfsig wenig ausgebildeter Parasitismus vor.

Macht man den Tieren ein willkürliches Verhalten in der Nahrungsaufnahme unmöglich, indem man den Zucker in Lösung in ihren Körper, womöglich täglich injiziert, so läfst sich das Verhalten der Tiere gegen die verschiedenen Zucker gut verfolgen. Dabei ist die Fähigkeit der Tiere, im Verhältnis zu ihrem Gesamtgewicht sehr grofse Glykogenmengen aufzuhäufen, von besonderem Werte.

Unsere Versuche ergaben, dafs Dextrose bei Ascaris sicher ein Glykogenbildner ist. Bei Galactose liegt die Möglichkeit einer Ersparung von Glykogen vor, bei Lävulose ist die Ersparung von Glykogen sicher, ob es auch zu einer Bildung von Glykogen durch sie kommen würde, müssen spätere Versuche

lehren, immerhin dürfte dies wahrscheinlich sein. Von Disacchariden ergab Maltose eine Ersparung von Glykogen, Milchzucker dagegen (sowohl bei Injektion wie bei Zufuhr von aufsen) lieferte ein negatives Resultat. Die negativen Resultate endlich die wir mit Glykogen, Dextrin und gekochter Stärke erhielten, sind nicht beweisend, da diese Polysacchariden den Tieren nur im Aufsenwasser gelöst zugeführt, nicht aber injiziert wurden.

Soweit die Versuche reichen, zeigt sich somit ein gleiches Verhalten wie beim höheren Tier, bei welchem ebenfalls Dextrose und Lävulose besonders günstig, Galactose[1]) weniger günstig für die Glykogenbildung sind. Das negative Ergebnis mit Milchzucker läfst vermuten, dafs Ascaris eine Lactase entbehrt, und dafs sie deshalb ebenso wie das höhere Tier, wenn ihm die Lactase fehlt oder wenn ihm der Milchzucker direkt ins Blut, das keine Lactase enthält, gebracht wird, den Milchzucker nicht verwerten kann. Über die nähere Deutung des Maltoseversuchs haben wir oben gesprochen. Immerhin sei hier daran erinnert, dafs auch beim Menschen, Maltose subcutan beigebracht[2]), nicht ausgeschieden wird, dafs sie also ohne eine Spaltung im Darm zu benötigen, in irgend einer Weise verbraucht wird.

---

1) C. Voit, Zeitschr. f. Biol. 1891, Bd. 28 S. 259. E. Weinland, ebenda 1900, Bd. 40 S. 374, u. A.

2) F. Voit, Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. in München, 1896, S. 76.

Die Wirkung von anorganischen Substanzen auf Protisten.

Ein Beitrag zur Biochemie des Protoplasmas

von

Hugo Goldberger, Tierarzt.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Bern.)

(Mit 15 Figuren im Text.)

Die Bedeutung der anorganischen Substanzen für die Lebewesen ist in den letzten Jahren Gegenstand erneuter Aufmerksamkeit und durch neue Gesichtspunkte vertiefteren Studiums geworden. Ganz allgemein gesprochen, hat sich dabei herausgestellt, dafs bestimmte anorganische Stoffe sehr innig verknüpft sind mit dem Gefüge und den Lebensäufserungen der Zelle — in weit höherem Umfange als man früher anzunehmen Veranlassung hatte —, ferner dafs die Reaktion des lebendigen Protoplasmas auf die experimentelle Beeinflufsung durch anorganische Stoffe neue Wege zur Erkenntnis seiner noch rätselhaft verwickelten Eigenschaften eröffnete.

Das Studium der Salzwirkungen am höheren Tiere lehrte als bemerkenswerteste Thatsache, dafs dem Organismus aufserordentlich feine Regulationsmechanismen zu Gebote stehen, um mit grofser Hartnäckigkeit seinen quantitativen und qualitativen Besitzstand unverändert zu bewahren. Schon hieraus offenbart sich die Wichtigkeit des ererbten und erworbenen Salzbestandes, dem so peinlich enge Schranken der Veränderlichkeit zugewiesen worden sind. Diese Thatsache zieht aber auch der weiteren, experimentellen Erforschung der physiologischen Verhältnisse am

Gesamtorganismus des höheren Tieres bestimmte Grenzen. Deshalb mufste sich die Forschung auf einem gröfseren Gebiete zu bewegen versuchen. Dem Physiologen zunächst lag das Studium isolierter Organe, welche, entzogen dem schützenden Einflusse der Regulationseinrichtungen des unversehrten Körpers, der Wirkung einzelner Salze und von Salzgemischen mit Erfolg ausgesetzt werden konnten. Dies ist auch ausgiebig geschehen, und es mag an dieser Stelle nur an die vielen Untersuchungen erinnert werden, welche sich mit der vielfach strittigen Bedeutung der Salze für den Schlag des isolierten Froschherzens und die Kontraktion des ausgeschnittenen Froschmuskels befassen. Ein unabsehbar reichhaltiges Gebiet eröffnet sich aber, sobald die Experimentaluntersuchung das Heer der Wirbellosen bis herab zu den niederen Protisten in ihr Bereich zieht. Da die vergleichende Physiologie mit Recht neuerdings wachsender Aufmerksamkeit sich erfreut, liegen auch schon in der angedeuteten Richtung sehr interessante Untersuchungen vor. Das Problem der Beziehungen zwischen anorganischen Stoffen und den Leistungen der lebendigen Zelle gewann aber nicht allein durch die Vergröfserung des bisherigen Arbeitsgebietes, sondern noch viel mehr durch die Vertiefung, welche aus der Nutzanwendung der für die Biologie so überaus fruchtbaren vant' Hoffschen Theorie der Lösungen und der Theorie der elektrolytischen Dissociation von Arrhenius entsprang.

Ich habe auf Anregung des Herrn Professor Dr. Asher den Einflufs von anorganischen Substanzen, von Salzen und deren Jonen auf die Protisten in systematischer Weise untersucht, in der Absicht, einen Beitrag zur vergleichenden Physiologie dieser niedersten Lebewesen zu liefern und in der Hoffnung, dafs meine Ergebnisse zugleich einige Erkenntnisse zur allgemeinen Biologie des Protoplasmas gewähren möchten. Gerade die Protisten erscheinen besonders geeignet auf ihr Verhalten gegen Umgebungen sehr wechselnder chemischer Zusammensetzung geprüft zu werden. Denn was hier im Experimente künstlich veranlafst werden soll, kommt in grofsem Mafsstabe in der weiten Natur vor. Die von mir untersuchten Protisten finden sich in Gewässern und Tümpeln,

deren Flüssigkeitsmenge je nach der Temperatur und den Niederschlagsverhältnissen grofsen und auch raschen Schwankungen unterworfen ist, deren chemische Zusammensetzung je nach der Bodenbeschaffenheit, der wachsenden und untergehenden Pflanzenwelt des Ortes und den unberechenbaren, zufälligen Verunreinigungen variiert.

Einiges über frühere Untersuchungen.

Es liegen mannigfache und vielfach verstreute Untersuchungen über den Einflufs chemischer Stoffe auf das Verhalten von Lebewesen vor. Es ist meine Absicht, im wesentlichen nur kurz solcher Arbeiten zu gedenken, welche irgendwie die Beziehungen zwischen anorganischen Stoffen und dem Verhalten von Lebewesen aus der Reihe der Wirbellosen behandeln. Nur wo es das theoretische Interesse erheischt, seien auch etwas abliegendere Arbeiten berührt. Wohl eine der ersten Untersuchungen, welche mit dem hier abzuhandelnden Problem sehr nahe Verwandtschaft besitzt, ist die Arbeit von Perty.[1]) Perty untersuchte in sehr umfassender Weise die mikroskopischen Organismen der Umgegend von Bern, von Kandersteg, auf der Gemmi, im Daubensee, in den Tümpeln auf der Moräne des Lammergletschers, in den warmen und kalten Quellen der Leukerbäder und noch an vielen anderen Gegenden des Berner Oberlandes und des Wallis. Er konstatiert allerdings, dafs die mikroskopischen Organismen nach der Höhe abnehmen, immerhin lehren aber seine Befunde, dafs in Wässern offenbar sehr verschiedenartiger chemischer Zusammensetzung die gleichen Tierspezies vorkommen. Weitaus bemerkenswerter ist aber die Angabe, dafs in einigen der Quellwasser von Leukerbad, vorausgesetzt, dafs sie sich auf 25—15° R. abgekühlt hatten, eine ganze Reihe von Lebewesen festgestellt werden konnten, welche sonst unter ganz anderen Bedingungen leben. Da nach Fellenbergs Analyse der Gehalt der Leuker Quellwasser auf 10000 l Wasser beträgt: Calciumsulfat 15,358, Magnesiumsulfat 2,583, Natriumsulfat 0,637, Kaliumsulfat 0,155,

1) M. Perty, Über vertikale Verbreitung mikroskopischer Lebensformen. Mitteil. d. naturf. Ges. in Bern 1849, No. 144—166 S. 17.

Strontiumsulfat 0,035, kohlensaures Eisenoxydul 0,043, kohlen saures Magnesium 0,107, kohlensaures Calcium 0,537, Chlorkalium 0, Chlornatrium 0,083, Chlormagnesium 0,211, Jodkalium Spuren, Kieselsäure 0,334, so erhellt daraus an eine wie chemisch differente Umgebung die Lebewesen sich angepafst haben.

Eine andere, ziemlich alte Beobachtung von ganz ähnlicher Bedeutung ist die von Cohn[1]) aus dem Jahre 1854, dem es gelang, einen Euplotes, welcher sich in künstlichem Seewasser (4 % Salz) fand, und der bei Zusatz von Süfswasser unter starker Aufquellung bald abstarb, durch stündliches tropfenweises Zufügen von Süfswasser an 1—2 % Salzgehalt zu gewöhnen. Anderseits blieben die Euploten in dem eingedunsteten Seewasser noch lebendig, als dessen Salzgehalt auf 12 % gestiegen sein mufste. Eine Fülle von Experimentalbeobachtungen über den Einflufs chemischer Reagentien auf Amöben und Myxomyceten bergen die grundlegenden Untersuchungen Kühnes[2]) über das Protoplasma. Dieselben lehren u. a. wie empfindlich diese Lebewesen für Konzentrationsänderungen des umgebenden Mediums sind, so z. B. gegen verdünnte Kochsalzlösung, Kalilösung von 1 % und Salzsäure von 0,1 %. Rofsbach[3]) hat Stylonychia, Euplotes und Chilodon u. a. der Einwirkung von Kochsalzlösungen, einigen Säuren und Alkalien ausgesetzt. Indifferente Stoffe wirken seiner Meinung nach bei stärkererKonzentration der umgebenden Flüssigkeit durch Flüssigkeitsentziehung. Säuren bewirken in stärkster Gabe Zerstörung des Körpers, in mittleren Gaben Gerinnung der Körpersubstanz mit nach dem Tode auftretender Quellung und Auflösung, in kleinsten Gaben Schrumpfung; im Beginne Beschleunigung, später Verlangsamung der Wimperbewegung. Die Alkalien bewirkten in stärkster Gabe rasches Zerfliefsen des ganzen Körpers, in mittlerer Gabe stärkere Verflüssigung des Protoplasmas, Auf-

1) F. Cohn, Nova Acta Ac. Caes. L. Carol. 1854, p. 135.

2) W. Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma und die Kontraktilität. Leipzig 1864.

3) Rofsbach, Die rhythmischen Bewegungserscheinungen der einfachsten Organismen und ihr Verhalten gegen physikalische Agentien und Arzneimittel. Verhandl. d. physik.-med. Ges. in Würzburg. Würzburg 1872, S. 179.

hebung der Trennung in verschiedene Flüssigkeiten mit nachfolgender starker Aufquellung und endlicher Auflösung; die Bewegungen und das Leben werden schon im Beginn der Einwirkung vernichtet; in kleinster Gabe: Aufquellung, Dilatation und Herabsetzung der Konzentrationsfrequenz der kontraktilen Blase. Ich werde später Gelegenheit haben, zu diesen Angaben Stellung zu nehmen; hier möchte ich nur erwähnen, dafs meiner Erfahrung nach Euplotes und Stylonychia im Vergleiche zu den von mir verwendeten niederen Ciliaten wesentlich resistentere Lebewesen sind. Die reichhaltige Arbeit von Schürmayer[1]) kommt für mich nicht in Betracht, weil in derselben nur über die Wirkung solcher Substanzen berichtet wird, welche in der Natur mit den Organismen nicht in Berührung kommen, zudem alle zu den organischen Verbindungen gehören. Eine grofse Reihe von Beobachtungen über die Wirkung verschiedener chemischer Substanzen auf Infusorien verdanken wir Bokorny[2]). In einer ersten kurzen Arbeit fand er, dafs Paramäcium durch sehr verdünnten Ammoniak und Kalilösungen in dichteren Zustand unter Wasserausstofsung, ohne die lebende Beschaffenheit einzubüfsen, übergeführt werden kann; im allgemeinen wirkten aber schon recht verdünnte Lösungen tödlich. Wesentlich erweitert werden in Bezug auf die Anzahl der untersuchten Stoffe die Beobachtungen in einer zweiten Arbeit[3]). In Bezug auf Mineralbasen fand er, dafs sie im allgemeinen auf niedere Tiere (Paramäcien und Amöben) schädlich einwirken, und zwar soll die Konzentration, bei welcher dies geschieht, von der Stärke der Base abhängen. Dementsprechend wirkte die relativ schwache Base Calciumhydroxyd weniger schädlich. Freie Mineralsäuren wirkten immer schädlich auf das Plasma ein, wobei freilich die Organismen eine

1) Schürmayer, Über den Einflufs äufserer Agentien auf einzellige Wesen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 24 N. F. Bd. 17, 1890, S. 402.

2) Bokorny, Einige vergleichende Versuche über das Verhalten von Pflanzen und niederen Tieren gegen basische Stoffe. Archiv f. d. ges. Physiol. 1894, Bd. 59 S. 557.

3) Bokorny, Vergleichende Studien über die Giftwirkung verschiedener chemischer Substanzen bei Algen und Infusorien. Archiv f. d. ges. Phys. 1896, Bd. 64 S. 262.

sehr verschiedene Resistenz gegen Säuren zeigten. Eine gesetzmäfsige Beziehung zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Säuren zu den Giftwirkungen auf niedere Lebewesen findet sich in seinen Beobachtungen nicht niedergelegt; dieselbe Bemerkung gilt übrigens von den zahlreichen und sehr interessanten Angaben betreffs der Salze. Schliefslich ist noch eine vorläufige Mitteilung von Atoushi Yasuda[1]) zu erwähnen, welcher neben mehreren organischen Lösungen auch Kochsalzlösungen verschiedener Konzentration auf fünf Arten der Infusorien anwandte. Colpidium colpoda vertrug Kochsalzlösungen bis zu $^1/_2$%, Chilomonas paramäcium bis zu $^2/_5$%, Euglena viridis bis zu 2%, Paramäcium caudatum bis zu $^3/_5$%, Mallomones superior auch bis zu $^3/_5$%. Von besonderem Interesse ist seine Hervorhebung der Thatsache, dafs isotonische Lösungen der von ihm angewandten Stoffe keine übereinstimmenden Wirkungen auf die Infusorien besafsen, dafs es hingegen vielmehr auf die chemische Natur eines jeden Stoffes als auf seine Konzentration ankam.

Eine ganze Reihe bemerkenswerter Einzelbeobachtungen findet sich in den mit so vielem Erfolge angestellten Untersuchungen über Chemotaxis der Infusorien, welche wir insbesondere Loeb, Verworn und deren Schülern verdanken. Da aber die Chemotaxis aufserhalb des Bereichs meiner Versuche liegt, sehe ich von einem Eintreten auf die genannten Arbeiten ab.

Ganz neue Gesichtspunkte der Betrachtungsweise über den Einflufs anorganischer Stoffe auf das lebendige Protoplasma reiften unter dem Antriebe, welchen die neueren physikalisch-chemischen Anschauungen der Biologie gewährten. Überwiegend liegen auch hier wiederum Untersuchungen an höheren Tieren vor, deren vielseitig differenzierte Funktionen auch eine vielfachere Anwendung der neueren Lehren gestatteten. Doch sind auch bei niederen Organismen Untersuchungen angestellt worden, welche auf dem Boden der neueren Anschauungen stehen.

1) Atoushi Yasuda, On the accommodation of some infusoria to the solutions of certain substances in various concentrations. Annotationes Zoologicae Japonenses. Tokio 1897. Vol. I Part. I et II p. 23.

Wohl eine der frühesten und bedeutsamsten ist eine Arbeit von Herbst.[1]) Er untersuchte, ob man durch passende Änderung der chemischen Zusammensetzung des Meerwassers die Entwicklung der Seeigellarven in andere Bahnen lenken kann und fand, dafs dem so sei. Aus seinen Beobachtungen zog er den Schlufs, dafs diese Veränderungen nicht auf einer chemischen Wirkung der zugefügten Stoffe beruhen, sondern dafs sie auf die veränderten physikalischen Eigenschaften, speziell auf den veränderten osmotischen Druck des umgebenden Mediums zurückzuführen seien. Ganz unabhängig von jeder theoretischen Deutung verdient die Thatsache, dafs Variationen der Umgebung in Bezug auf anorganische Stoffe so tiefgreifende Veränderungen in einer der verwickeltsten Funktionen des lebendigen Protoplasmas auslösen, die gröfste Beachtung. Ganz und gar wurzelnd in der neueren Lehre vom osmotischen Drucke und von der Dissoziation der Säuren, Basen und Salze in Jonen sind es aber vor allem die zahlreichen Arbeiten von Loeb[2]) und seinen Schülern, welche die Bedeutung namentlich der Jonen für den Aufbau und die Leistungen tierischer Zellen erweisen. Wie grofs die angebahnten Fortschritte sind, geht wohl am besten daraus hervor, dafs es Loeb gelungen ist, durch passende Auswahl von Jonen die künstliche Parthenogenese von Eiern herbeizuführen. Die grofse Anzahl von Erscheinungen, welche die Lebensvorgänge unter dem Einflusse verschiedener anorganischer Stoffe darbieten, werden von Loeb in den Rahmen einer allgemeinen, der experimentellen Prüfung zugänglichen Theorie zusammengefafst.[3]) Dieser zufolge existieren die Salze oder Elektrolyten im allgemeinen im lebenden Gewebe nicht ausschliefslich als solche, sondern teilweise in Verbindung mit Eiweifskörpern. Die Salze oder elektrolytischen Moleküle treten nicht als ganzes, sondern vermittelst ihrer Jonen in diese Verbindung. Die grofse Bedeutung dieser Jon-Eiweifs-

1) Herbst, Experimentelle Untersuchungen über den Einflufs der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwicklung der Tiere. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1893, Bd. 55 S. 446.

2) Zumeist erschienen in The American Journal of Physiol. 1898—1901.

3) Loeb, On Jon-Proteid Compounds and their Rôle in the mechanics of life phenomena. Americ. Journ. of Physiol. 1900, Vol. III p. 327.

verbindungen liegt in dem Umstande, dafs durch Substitution des einen Jons durch ein anderes die physikalischen und physiologischen Eigenschaften der Eiweifsverbindungen sich ändern, somit auch experimentell die Lebenserscheinungen variiert werden können.

Plan und Methode der eigenen Untersuchungen.

Eine Reihe von Salzen und deren Jonen sind beim Wirbeltierorganismus aufserordentlich eingehend untersucht worden und zwar sind das zunächst solche, welche in den Säften und Zellen des Organismus vorkommen und für die Funktionen des letzteren als unerläfslich erachtet werden. In erster Linie sind das die Na-, K-, Ca- und Cl-Jonen, wie sie in der physiologischen Kochsalzlösung und in den sog. Ringerschen und Howellschen Lösungen vorkommen. Diese auf Protisten systematisch zu untersuchen, war die erste Aufgabe, welche in Angriff zu nehmen war. Vorausgesetzt, dafs die neuere Theorie von den Beziehungen der Jonen zu den Eiweifskörpern der lebenden Zelle ein zutreffendes Bild von den chemischen Zuständen des Protoplasmas gibt, so war zu hoffen, dafs aus der Reaktion der Protisten auf die so wohl untersuchten Salze und Jonen ein Rückschlufs gemacht werden könne, ob das Protoplasma derselben demjenigen der Wirbeltiere in Bezug auf Anordnung, Zusammensetzung und Grenzen der Anpassungsfähigkeit ähnlich sei oder nicht. Ich benutzte zu dieser Prüfung mehrere Arten von Protozoen, weil ich dadurch ermitteln wollte, ob selbst bei nahestehenden Lebewesen eine identische Reaktion auf die erwähnten anorganischen Stoffe vorhanden sei oder nicht. War die Reaktion nicht die gleiche, so war ohne weiteres der Vergleich mit dem Protoplasma höherer Tiere auf ein Unterscheiden und nicht ein Identifizieren hingedrängt. Die von mir benutzten Arten gehörten sämtlich den Ciliaten an, was den Vorteil bot, dafs die Untersuchung ein Augenmerk auf das vielleicht von einander zu trennende Verhalten des protoplasmatischen Leibes und der umsäumenden Cilien richten konnte. Die mir zur Verfügung stehenden Arten waren Paramäcium caudatum und aurelia, Colpidium Colpoda, Vorticella campanula, microstoma und nebulifera, Amphileptus

carchesii und Euplotes charon. Die beiden letztgenannten dienten nur zur gelegentlichen Kontrolle. Mit Absicht beschränkte ich mich auf eine kleine Anzahl von Arten, um dieselben eingehender Experimentalprüfung unterwerfen zu können. Ich gewann die genannten Arten durch die bekannte Methode des Aufgiefsens von Leitungswasser auf Stroh und auf Heu. In sehr vielen Fällen erhielt ich fast Reinkulturen, in anderen ein Gemisch von mehreren oder gar allen der genannten Arten. Während der ganzen Dauer meiner Untersuchungen in den Monaten Mai, Juni, Juli und August war ich in der Lage, sowohl Reinkulturen wie auch Mischkulturen gleichzeitig den verschiedenen Lösungen auszusetzen, so dafs dadurch zwei sich gegenseitig kontrollierende Methoden gegeben waren.

Zur Untersuchung der Infusorien in den einzelnen Lösungen wandte ich folgende Verfahren an. Das eine besteht darin, dafs ein Deckglas als Falle in das Kulturglas kam und dann mit den daran haftenden Infusorien auf einen ausgehöhlten Objektträger übertragen wurde. In der Höhlung befand sich die zu benutzende Lösung. In vielen Fällen, namentlich bei den relativ konzentrierten Lösungen, genügte diese Methode aber nicht, da sie mit Fehlerquellen behaftet war. Erstens dauert es einige Zeit, bis Diffusion zwischen der Flüssigkeitsschicht auf dem Deckglase eingetreten ist, so dafs es unbestimmbar ist, wann die Infusorien thatsächlich unter der vollen Einwirkung der betreffenden Substanzen stehen, zweitens ist die absolute Menge der Lösung nur eine geringe, drittens ist nur eine beschränkte Zeitdauer der Beobachtung möglich. Aus diesen Gründen habe ich noch andere Methoden benutzt. Für starke Vergröfserung ist die Objektträgermethode nicht zu umgehen; dadurch, dafs ich in die Objektträgerflüssigkeit nur so viel Kultur einbrachte als der Spitze einer Präpariernadel anklebte und die Kultur gehörig in der Flüssigkeit verrieb und dadurch, dafs ich nach jeder einzelnen Beobachtung den unbedeckten Objektträger in eine geräumige, mit Wasser gesättigte feuchte Kammer brachte, glaube ich die aufgezählten Fehler vermieden zu haben. In einigen Fällen habe ich, um einigermafsen quantitative Übersicht zu erhalten, in den

Hohlraum des Objektträgers einen, beziehentlich 2 ccm Flüssigkeit und 0,1 ccm Kulturwasser mit Kultur gebracht. In der Mehrzahl der Fälle konnte ich, da schwache Vergröfserungen das für mich Wesentlichste unzweifelhaft zur Anschauung brachten, gröfsere Behälter anwenden, nämlich Uhrschälchen verschiedener Gröfse und Petrische Schalen, wie sie in der Bakteriologie üblich sind. Diese Gefäfse bewahrte ich in grofsen dosenförmigen feuchten Kammern auf. Zur Kontrolle kam in jede feuchte Kammer ein Gefäfs, in welchem sich Kultur in Leitungswasser befand, die also allen Einflüssen des Experiments aufser den chemischen ausgesetzt war. Die Temperatur des Versuchszimmers wurde stetig notiert. Die von mir benutzten linearen Vergröfserungen betrugen 71, 142, 305 und 610.

Die angewandten Reagentien waren chemisch reine und die Herstellung der Lösungen geschah in Mefskolben, ebenso die erforderlichen Verdünnungen derselben. Eine wichtige Vorfrage war die, ob die einzelnen chemisch verschiedenen Lösungen physikalisch gleich zu machen seien, d. h. ob sie untereinander isotonisch zu bereiten wären. Die gleich zu Anfang meiner Untersuchungen festgestellte Thatsache, dafs die von mir benutzten Infusorien in destilliertem Wasser sich unbegrenzt, d. h. bis zu vier Tagen unverändert erhielten, macht die Anwendung isotonischer Lösungen überflüssig. Destilliertes Wasser ist sicherlich mit der im Protoplasma befindlichen Lösung nicht isotonisch und trotzdem ohne schädliche Folgen innerhalb der von mir gewählten Versuchsdauer gewesen. Folglich kann der osmotische Druck einer Lösung für die von mir beobachteten Erscheinungen keine wesentliche Rolle spielen und kann daher aufser Betracht fallen. Aus diesem Grunde sind alle Lösungen nur auf bestimmte äquimolekulare Verhältnisse gebracht worden, ohne Rücksicht auf den elektrolytischen Dissoziationsgrad und auf die isotonischen Koeffizienten von de Vries.

Der Einflufs von Wasser. (Destilliertes und Leitungswasser.)

Wie soeben ausgeführt wurde, hatte destilliertes Wasser, in welchem die Infusorien bis zu vier Tagen belassen wurden,

keinen merklich schädlichen Einflufs auf die Kulturen. Die Beweglichkeit derselben hatte irgendwie merklich nicht gelitten; die Formen zeigten nichts besonders Auffallendes. Das Vermögen der Lebewesen, Tage lang in destilliertem Wasser weiter existieren zu können, beseitigt die etwaige Vermutung, dafs die Ergebnisse bei Anwendung bestimmter anorganischer Lösungen herrührten von dem Mangel an organischen Substanzen, insbesondere Nahrungsstoffen. Dieselbe Erwägung gilt auch von der Thatsache, dafs in Leitungswasser die von mir benutzten Protisten lange Zeit unversehrt sich erhalten. Das Verhalten der Protisten gegen destilliertes Wasser offenbart ferner ein grofses Anpassungsvermögen gegen sehr grofse physikalische Veränderungen und gegen den Fortfall gewohnter chemischer Lebensbedingungen. Es wäre voreilig, hieraus einen allgemeinen Schlufs auf das Anpassungsvermögen dieser Lebewesen ziehen zu wollen. Thatsächlich wird aus nachfolgenden Versuchen hervorgehen, in wie enge Grenzen nach anderen Richtungen hin die Existenzfähigkeit der Protisten gebannt ist.

Der Einflufs von NaCl in 0,6 proz. Lösung.

Bei den höheren Tieren ist wohl keine Lösung häufiger angewandt als die Kochsalzlösung, und diejenige von Konzentrationen zwischen 0,6 bis 0,8 % trägt den Namen die physiologische. Insofern mit diesem Namen ausgesagt werden sollte, dafs diese Lösung vollkommen normal sei und keine Schädigung der tierischen Zelle bewirke, hat auch diese Lösung in Bezug auf ihr Ansehen der Zeit Tribut entrichten müssen. Denn die Untersuchungen von Ringer, Locke und Loeb lassen keinen Zweifel darüber, dafs die reine Kochsalzlösung ein Gift sei. Namentlich aus Loebs Forschungen scheint mit grofser Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dafs die reine Kochsalzlösung dadurch dem lebendigen Protoplasma Schaden zufüge, dafs die Na-Jonen andere Kationen, vornehmlich Ca, demselben entziehen. Auch für die von mir benutzten Ciliaten war die 0,6 proz. Kochsalzlösung ein Gift. In Anbetracht des Umstandes, dafs diese Lebewesen nicht wie die höheren Tiere in einer Lösung von dieser Konzentration

existieren, ist die Schädlichkeit derselben nicht unerwartet und sind daher die Verhältnisse nicht direkt vergleichbar. Viel bemerkenswerter war, dafs sich die einzelnen Lebewesen der Lösung gegenüber ganz verschieden verhielten. Amphileptus und Euplotes veränderten ein wenig ihr Aussehen, im übrigen funktionierten sie wie unversehrt, die Vorticellen zeigten zwar morphologisch deutlich eine Beeinflussung, aber in Bezug auf Lebensleistungen erwiesen sie sich der neuen Lösung gegenüber resistent und pafsten sich vollständig an. Nur Paramäcium und Colpidium erlagen der Giftwirkung der Kochsalzlösung. Schon nach einer halben Stunde waren vereinzelte Exemplare zu Grunde gegangen, während ziemlich beträchtliche strukturelle Veränderungen viel früher aufgetreten waren. Aber auch diese beiden nahestehenden Arten offenbarten sehr grofse Unterschiede. Paramäcium war am wenigsten widerstandsfähig, denn nach 4—5 Stunden waren die letzten Exemplare bewegungslos und schon nach 20 Minuten war die Schädigung eine recht deutliche. Hingegen bei Colpidium colpoda liefsen sich vereinzelte noch lebendige, wenn auch strukturell tief veränderte Exemplare bis zur 22. Stunde nachweisen. Colpidium colpoda wies noch eine besondere Erscheinung auf, nämlich eine momentan eintretende Hemmungsphase der Bewegung. Diese sehr deutliche Hemmung dauerte etwa bis zur 7. Minute. Während dieser Hemmungsphase scheinen im Innern der Organismen Veränderungen vorzugehen; denn, wenn dieselben ihre Bewegungen wieder aufnehmen, so sind dieselben anders als vorher, meist eine um eine feste Achse drehendschwimmende Bewegung. Das Protoplasma ist dann auch meist faltig verzogen. Dafs die beschriebenen Erscheinungen auf Eigenschaften beruhen, welche den einzelnen Lebewesen als solchen zukommen, war am besten ersichtlich, wenn mehrere oder alle Arten gleichzeitig in derselben Kammer untersucht wurden. Ich werde weiter unten solche gleichzeitige Versuche, denen methodisch besonderer Wert zukommt, mitteilen. Hier folgen zunächst die Übersichten über die Versuche mit 0,6proz. $NaCl$-Lösungen an relativen Reinkulturen.

0,6 proz. NaCl-Lösung.

Paramäcium Aurelia.

10 Minuten: Ortsbewegung wenig verlangsamt. Form und Struktur normal. (Bis dahin 10 Präp.)

20 Minuten: Ortsbewegung allgemein etwas verlangsamt. Einzelne haben dieselbe eingestellt und flimmern deutlich. (5 Präp.)

30 Minuten: Meist verlangsamte Ortsbewegung mit überwiegendem Charakter der Rotation um eine Längsachse des Körpers. Verschiedene nur lebhafter oder geringer flimmernd. Spärliche Anzahl zu Grunde gegangener Exemplare. (9 Präp.)

60 Minuten: Verschiedene mit lebhafter, Mehrzahl mit geringer Ortsbewegung, viele nur flimmernd. Form normal; Struktur teilweise unverändert hell, durchscheinend, teilweise feingekörnt, dunkler. Bei zahlreichen Exemplaren treten beide Vakuolen vergröfsert, von der dunkleren Umgebung scharf abgesetzt hervor. Kleinere Anzahl dunkel gekörnt, ohne Bewegung, zu Grunde gegangen. (15 Präp.)

2—3 Stunden: Kleinere Anzahl in verlangsamt schwimmender Bewegung. Form normal, Struktur hell oder dunkler fein gekörnt, hervortretende Vakuolen. Mehrzahl in abnormen Formen hell gequollen. (30 Präp.)

4—5 Stunden: Die letzten vereinzelten Exemplare in Bewegung. Einzelne ohne Bewegung in normaler Form, dunkler Struktur mit stillstehenden Flimmerhaaren; vereinzelt austretende, helle Bläschen. Sonst durchgehend in abnormen Formen hell gequollen. (20 Präp.)

Nach dieser Zeit keine Bewegung mehr. Quellung weiter fortschreitend bis zum vollständigen, formlosen Zerfall. Bis 28 Stunden 7 Präparate in Beobachtung.

Colpidium Colpoda.

Momentan verlangsamte, meist im Kreise sich drehende Bewegung.

3 Minuten: Verschiedene ohne Bewegung. Bewegung der übrigen meist drehend um die eigene Achse. Das Protoplasma wird faltig verzogen. (10 Präp.)

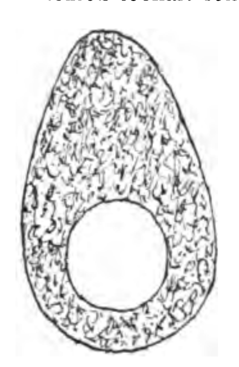
5 Minuten: Überwiegende Mehrzahl ohne Bewegung, sehr kleiner Teil in gering drehend-schwimmender Bewegung. Einzelne flimmern. Bei verschiedenen tritt die Vakuole klein im hinteren Ende hervor (11 Präp.)

7 Minuten: Mehrzahl geht wieder in Bewegung über. (5 Präp.)

10—15 Minuten: Überwiegende Mehrzahl in drehend-schwimmender Bewegung, wobei das Protoplasma meist faltig verzogen wird. Fast durchgehend tritt die scharf abgesetzte Vakuole in der hinteren Partie entweder central oder seitlich hervor. Bei vielen ist dieselbe vergröfsert, wobei der Leib Flaschenform annimmt. (14 Präp.)

30—90 Minuten: Teilweise mit, teilweise ohne Bewegung. Form allgemein sehr verändert. Durch fortschreitende Vergröfserung der scharf abgesetzten Vakuole verbreitert sich die hintere Leibespartie auf Kosten der Länge immer mehr, so dafs sie zunächst Flaschen-, später Kugelform annimmt, an der das Protoplasma nur noch als dunkelkörniger Ring um ein

grofses helles Zentrum erscheint. Nach 30 Minuten ist die Flaschenform in der Regel über die mehr normalen Exemplare überwiegend; nach 60 Minuten ist die Kugelform häufig; nach 90 Minuten vorherrschend. Verschiedene bewegen sich in diesen abnormen Kugelformen lebhaft rollend. Verschiedene körnig zerfallen. (16 Präp.)



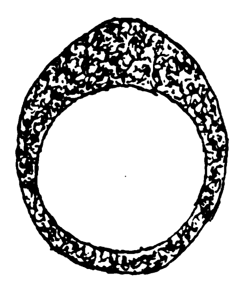


Fig. 1.
Colpidium Colpoda.
Flaschen- und Kugelform mit vergröfserter, heller, scharf abgesetzter Vakuole nach Einwirkung von 0,6 proz. NaCl-Lösung.
a = nach 30 Minuten
b = nach 60 Minuten.

2—4 Stunden: Verschiedene in Bewegung, meist in vergröfserter Kugelform rollend. Mehrzahl körnig zerfallend. (20 Präp.)

5—8 Stunden: Einzelne in Kugelform rollend, die übrigen meist formlos körnig zerfallend (6 Präp.)

14—22 Stunden: Die letzten vereinzelt rollenden Exemplare bis zu 22 Stunden. (8 Präp.)

Nach dieser Zeit alle ohne schärfere Konturen zerfallen. Mit 24 Stunden 6 Präparate.

Vorticella < campanula. microstoma.

5 Minuten: Mehrzahl deutlich geschrumpft mit höckerigen Konturen, verschiedene unverändert. Viele mit hervortretender, vergröfserter Vakuole. Kontraktionen vielfach lebhaft. Verschiedene cylinderförmig, helldurchscheinend, in lebhaft schwimmender Bewegung.

10—30 Minuten: Schrumpfung wie vorher, seltene Kontraktionen. Verschiedene in heller Kugelform ohne Stiel, frei.

2 Stunden: Form in der Regel normal restituiert: Wiegende und Kontraktionsbewegungen, lebhafte Mundflimmerung und Spielen der Vakuole. Einzelne in lebhaft schiefsender Cylinderform. Dasselbe nach 24 Stunden.

Vorticella nebulifera.

Schrumpfung wie bei V. microstoma. Es erfolgt aber in der Regel keine Restitution, sondern Encystierung in Kugelform. Bei starker Vergröfserung sind noch nach 48 Stunden an diesen dunklen, kugeligen Formen sehr geringe Rotationsbewegungen und sehr geringes Schlagen der grofsen Flimmerhaare zu beobachten.

Amphileptus carchesii.

Allmähliche Vergröfserung der Vakuole wie bei Colpoda. Nach 3—5 Stunden fanden sich alle Übergänge von der normalen Spindelform bis zur Kugelform. Durch Vergröfserung der zentral gelegenen Vakuole tritt eine derartige Verkürzung und Verbreiterung des Leibes ein, so dafs das Protoplasma schliefslich nur noch als Ring um ein helles Zentrum erscheint.

Einzelne Exemplare waren noch nach 28 Stunden in normaler Spindelform mit sehr kleiner Vakuole in geringer Bewegung erhalten.

Aus einer anderen Kultur zeigte sich A. nach 21 Stunden normal in unveränderter Form, vielfach mit 2 kleinen Vakuolen, in langsamer Bewegung.

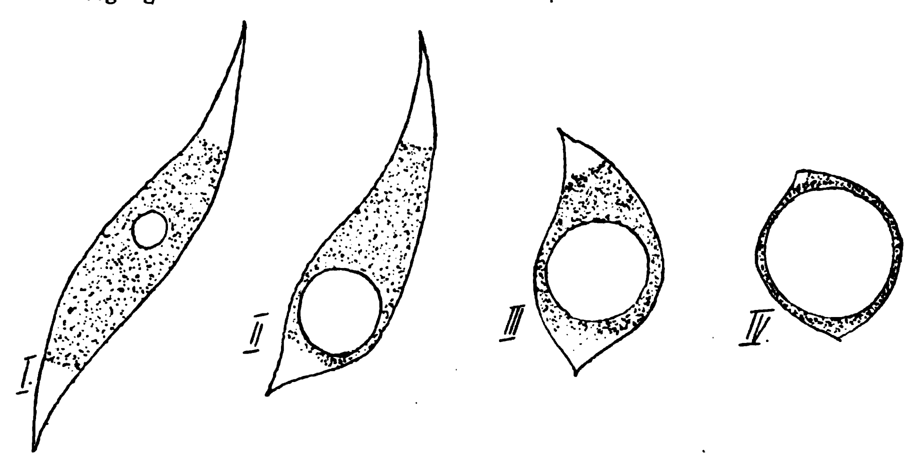


Fig. 2.
Amphileptus carchesii.
Formveränderung in vier Stadien durch fortschreitende Vergröfserung der Vakuole.

Euplotes charon.

Nach 33 Stunden normal erhalten.

Einwirkung von NaCl in 0,3 proz. Lösung.

Es war zu erwarten, dafs eine 0,3 proz. Kochsalzlösung viel weniger schädlich wirken würde als die vorher angewandte, konzentriertere. Dem war auch in der That so. Vorticellen, Amphileptus und Euplotes waren hierbei erst recht, auch nach zwei Tagen, von unverändertem Lebensvermögen. Paramäcium liefs in den ersten 15 Stunden keinerlei Veränderung erkennen und selbst nach 72 Stunden waren die meisten Exemplare völlig normal. Colpidium hielt sich gleichfalls wesentlich länger, wiederum trat aber auch das besondere Verhalten hervor. Die Hemmungs- und Umwandlungsphase war deutlich ausgeprägt. In dieser Lösung erwiesen sich die Colpidium Colpoda als die gegenüber Na Cl weniger widerstandsfähigen; denn schon nach relativ kurzer Zeit zeigten sich erhebliche strukturelle Beeinflussungen. Die Hauptergebnisse gebe ich in der folgenden Übersicht.

0,3 proz. NaCl-Lösung.

Natr. chlorat 1,5 Aq. destill. 500,0.

Paramäcium caudatum.

15 Stunden: Bis dahin in Form, Struktur und Bewegung unverändert. (17 Präp.)

18—72 Stunden: Einzelne körnig zerfallen, einzelne dunkel oder hell gekörnt, ohne Bewegung. Sonst durchgehend in normaler Form und Struktur mit lebhafter oder geringerer Bewegung. (22 Präp.)

Colpidium Colpoda.

5—15 Minuten: Viele in lebhafter, Mehrzahl in verlangsamter Bewegung, häufig um die eigene Achse drehend. Form meist normal; Struktur hell mit hervortretender Streifung, viele mit sehr kleiner, hervortretender Vakuole. Verschiedene im hinteren Ende verbreitert, flaschenförmig, dunkel gekörnt. (12 Präp.)

30—60 Minuten: Einige in lebhafter, überwiegend in sehr geringer oder ohne Bewegung. Form und Struktur meist normal; viele mit kleiner Vakuole, welche entweder zentral gelegen ist oder peripher etwas heraustritt. Verschiedene im hinteren Ende verbreitert, dunkel gekörnt; einzelne in körniger Kugelform mit vergröfserter Vakuole, einzelne körnig zerfallen. (14 Präp.)

2—72 Stunden: Bewegung durchgehend teils lebhaft, teils hinter der normalen zurückbleibend. Form meist normal; Leiber hell und durchscheinend, einzelne mit hervortretender Streifung, verschiedene mit eingelagerten, hellen Bläschen. Verschwindend kleine Anzahl in körniger Kugelform mit grofser Vakuole in rollender Bewegung, verschiedene in Kugelform körnig zerfallen. (33 Präp.)

Vorticella < nebulifera. / microstoma.

Von Anfang an bis zu 48 Stunden unverändert in Form Struktur und Bewegung. Sehr lebhafte Kontraktionen, pendelnde und Schwimmbewegungen. Normale Flimmerung, Spielen der Vakuole. (30 Präp.)

Amphileptus carchesii, Euplotes charon } nach 48 Stunden unverändert.

Einwirkung von Na Cl in 1 proz. Lösung.

Die 1 proz. Lösung hatte, wie zu erwarten stand, sehr stark ausgeprägte schädliche Wirkungen. Keine einzige der untersuchten Tierarten widerstand auf erhebliche Zeit der Einwirkung der Salzlösung. Auf Paramäcium und Colpoda war der Einflufs ein derartiger, dafs er momentan sich geltend machte, auch hier wiederum war Colpidium widerstandsloser als Paramäcium. Denn schon innerhalb der ersten Minute war die Bewegungs-

fähigkeit und Bewegungsart sämtlicher Colpidien auf das tiefgreifendste verändert. Die früher beschriebene Hemmungsphase machte sich einigermafsen noch dadurch kenntlich, dafs eine gewisse Anzahl der Protisten nach 5—6 Minuten ihre Bewegung wieder aufnahmen, wobei sie aber grofse Veränderungen in ihrer Struktur zeigten. Vorticellen zeigten im Gegensatz zu dieser Hemmungsphase im allerersten Anfange als Reaktion gegen die 1 proz. Kochsalzlösung eine deutliche Zunahme der Kontraktionsbewegungen, welche dann umschlug in eine Verlangsamung. In etwa 24 Stunden war die Mehrzahl zu Grunde gegangen, aber eine bestimmte Anzahl von Individuen widerstand und blieb sogar in normaler Form. Von Euplotes und Amphileptus sei nur bemerkt, dafs beide im Verlaufe von wenigen Stunden alle Arten der Lähmung bis zum vollständigen Untergange durchmachten. Die geschilderten Ergebnisse sind in folgender Übersicht zusammengefafst.

1 proz. Na Cl-Lösung.

Paramäcium caudatum.

5 Minuten: Allgemein verlangsamte Bewegung. Form und Struktur normal.

15 Minuten: Überwiegende Mehrzahl in verlangsamter Bewegung, einzelne ohne Ortsbewegung gering flimmernd oder mit stillstehenden, ausgestreckten Flimmerhaaren. Form durchgehend normal. Struktur meist normal, hell durchscheinend, verschiedene fein dunkler gekörnt, verschiedene mit 2 hervortretenden Vakuolen. Einige beginnen zu quellen. (6 Präp.)

30 Minuten: Meist in langsam schwimmender Bewegung. Form normal; Struktur hell durchscheinend oder fein dunkler gekörnt, viele mit zwei hervortretenden Vakuolen. Einzelne flimmernd, andere mit stillstehenden Flimmerhaaren. Anzahl hell in verbreiterter Form quellend. Einige entleeren feinkörniges Protoplasma in die Umgebung. (8 Präp.)

60 Minuten: Mehrzahl wie vorher. Leiber meist dunkel, fein gekörnt. Grofse Anzahl in meist abnormen Formen hell gequollen. (8 Präp.)

2—3 Stunden: Verschiedene in sehr langsam schwimmender Bewegung. Leiber dunkel, fein gekörnt. Verschiedene in normaler Form und dunkler Struktur ohne Bewegung. Überwiegende Mehrzahl hell gequollen. (14 Präp.)

4 Stunden: Die letzten vereinzelten Exemplare in geringer, schwimmender Bewegung. Einzelne in normaler Form und dunkler Struktur und stillstehenden Flimmerhaaren. Sonst durchgehend in meist abnormen Formen gequollen. Einzelne mit ausgetretenen Bläschen. (7 Präp.)

5 Stunden: Vereinzelte in normaler Form und dunkler Struktur mit stillstehenden, ausgestreckten Flimmerhaaren, sonst durchgehend wie vorher. (8 Präp.)

Nach dieser Zeit durchgehend in abnormen Formen gequollen. Bis 3 Tage 11 Präparate.

Colpidium Colpoda.

Momentan verlangsamte Bewegung, viele um die eigene Achse drehend.

1 Minute: Bewegung sich sichtbar weiter verringernd, allgemein drehend, verschiedene ohne Bewegung. (3 Präp.)

2 Minuten: Mehrzahl ohne Bewegung. (3 Präp.)

3—4 Minuten: Fast durchgehend ohne Bewegung, sehr vereinzelte in geringer, drehender Bewegung. (3 Präp.)

5—6 Minuten: Verschiedene nehmen die Bewegung wieder auf. Protoplasma verzogen. (3 Präp.)

8—10 Minuten: Mehrzahl wieder in Bewegung. Leiber vorn verjüngt, hinten verbreitert, undeutliche Streifung. Verschiedene mit seitlich hervortretender, sehr kleiner Vakuole, einzelne mit vergröfserter. (3 Präp.)

15—30 Minuten: Verschiedene mit, Mehrzahl ohne Bewegung. Leiber fein gekörnt, dunkler. Überwiegend in Flaschen-, viele in Kugelform, verschiedene mit seitlich hervortretender Vakuole. Einzelne zerfallen. (4 Präp.)

60 Minuten: Kleine Anzahl in Flaschenform in geringer Bewegung, verschiedene mit sehr vergröfserter, herausgetretener Vakuole. Sehr viele in scharf konturierter Kugelform, dunkel gekörnt, ohne Bewegung. Mehrzahl körnig zerfallen. (2 Präp.)

2 Stunden: Einzelne in normal erhaltener, einzelne in Flaschenform, mit hellerer oder dunkler Struktur, in geringer Bewegung; sonst durchgehend formlos, grobkörnig zerfallen. (8 Präp.)

3 Stunden: Keine Bewegung. Vereinzelte in normaler Form, gekörnt, einzelne in Kugelform mit erhaltenen Konturen. Die übrigen zerfallen.

Nach dieser Zeit alle formlos körnig zerfallen. Bis 18 Stunden 3 Präparate.

Vorticella microstoma.

1 Minute: Kontraktionsbewegungen lebhaft vermehrt. (2 Präp.)

2 Minuten: Kontraktionen seltener, verschiedene Leiber beginnen zu schrumpfen. (2 Präp.)

5—15 Minuten: Kontraktionen lebhafter oder geringer, Leiber durchgehend geschrumpft, meist in Kugelform; höckerige Konturen. (3 Präp.)

30—60 Minuten: Bewegungen vereinzelt, Schrumpfung wie vorher. (4 Präp.)

2—8 Stunden: Keine Schrumpfung. Einzelne in heller Cylinderform lebhaft schwimmend. Verschiedene in normaler Glockenform, feingekörnt, viele mit spiralig gewundenem Stiel, ohne Bewegung. Mehrzahl in feingekörnter Kugelform, vielfach mit ausgetretenen kleineren und gröfseren hellen Bläschen. Grofse Anzahl körnig zerfallen. (10 Präp.)

22—28 Stunden: Verschiedene in normaler, heller Glockenform mit Stiel; Flimmerung und Kontraktionen. Grofse Anzahl in dunkel gekörnter Kugelform. Überwiegende Mehrzahl körnig zerfallen. (4 Präp.)

Vorticella nebulifera.

Wie vorher bis zu 1 Stunde.

22 Stunden: Dunkle Kugelform mit ungleichmäfsig heller und dunkler differenziertem Protoplasma. Gering rotierende Bewegung läfst sich nur bei starker Vergröfserung an verschiedenen Exemplaren beobachten. (3 Präp.)

Euplotes charon.

4—8 Stunden: Teils mit, teils ohne Bewegung. Form und Struktur normal. (8 Präp.)

Amphileptus carchesii.

10 Minuten: Bewegung sehr gering, Leiber meist verzogen.

30 Minuten: Überwiegende Mehrzahl ohne Bewegung, viele mit 1—2 hervortretenden Vakuolen.

60 Minuten: Mehrzahl ohne Bewegung, viele mit stark vergröfserter Vakuole im hinteren Ende. Leiber dunkel gekörnt, verzogen, einzelne mit ausgetretenen hellen Bläschen.

3—5 Stunden: In sehr geringer oder ohne Bewegung. Form sehr verkürzt und verbreitert, bis zur Kugelform verändert, alle mit kleinerer bis sehr grofser Vakuole. Bis auf die heller bleibenden spitzen Enden dunkel gekörnt.

48 Stunden: Spurlos zerfallen.

In allen Fällen geht die Störung der Funktion der Veränderung der Struktur vorauf, d. h. insoweit die Struktur durch die von mir benutzten Vergröfserungen erkenntlich ist. Die dann eintretenden Veränderungen bestehen darin, dafs erstens die Protisten eine andere Form annehmen z. B. Flaschenform, zweitens dafs ihr Protoplasma dunkel und feingekörnt wird, oft auch hell quillt. Schliefslich zerfallen die Gebilde.

Unzweifelhaft sind 0,6 proz. und 1 proz. Kochsalzlösung sehr stark schädliche Reagentien für die Protisten. Es fragt sich nun, ob die Giftigkeit auf rein physikalischen Vorgängen oder auf chemischer Wechselwirkung mit dem Protoplasma beruht. Von rein physikalischen Vorgängen würde namentlich in Betracht kommen die Wasserentziehung durch die beiden für die Protisten hypertonischen Salzlösungen. Die Art und Weise, wie öfters der Zellleib sich faltet und schrumpft, sowie die eigentümlichen drehenden

und rollenden Bewegungen, welche auch bei anderen hypertonischen Lösungen beobachtet wurden, legen den Gedanken nahe, dafs es sich wohl um Wasserentziehung handeln könne. Das verschiedene Verhalten der einzelnen Protistenarten würde bei dieser Annahme zu erklären sein durch eine ungleiche Durchlässigkeit des Ektoplasmas bezw. einer peripheren Hüllschicht für Wasser. Gegen die physikalische Erklärung spricht aber der Umstand, dafs die Protistenleiber gegen hypotonische Lösungen, insbesondere gegen destilliertes Wasser, ganz widerstandsfähig sind. Die Untersuchungen der letzten Jahre über Na Cl-Lösungen haben zu Beobachtungen geführt, welche sich auf Grund einer chemischen Wirkung der Kochsalzlösung auf das Protoplasma erklären liefsen, indem angenommen wird, dafs die Na-Jonen dem Protoplasma andere für sein Bestehen notwendige Jonen wie z. B. Ca-Jonen entziehen. Diese chemische Hypothese der Wirkung von Kochsalzlösung stützt sich vornehmlich auf die Thatsache, dafs gewisse Zusätze zu der Kochsalzlösung deren »Giftigkeit« aufheben. Es handelt sich dabei namentlich um Zusätze von geringen Mengen von $Ca\,Cl_2$ und K Cl. Es ist nicht zu leugnen, dafs unser Einblick in den Aufbau des lebendigen Protoplasmas wesentlich vertieft sein würde, wenn die namentlich von Loeb vertretene Anschauung zutreffend sein sollte, dafs Verbindung des Eiweifses mit Na, Ca und K-Jonen Voraussetzung für einige der wichtigsten Funktionen des Protoplasmas sei. Aus diesem Grunde habe ich sehr zahlreiche Versuche bei meinen Versuchsobjekten mit der sogen. Howellschen Lösung (0,7% Na Cl, 0,06% $Ca\,Cl_2$ 0,03% K Cl) und mit »modificierter« Howellscher Lösung (0,7% Na Cl, 0,03% $Ca\,Cl_2$, 0,015% K Cl) angestellt, Lösungen welche in sehr umfassender Weise zu Studien am Froschherzen, an Froschmuskeln und einigen anderen Muskeln gedient haben.

Während die obengenannten Studien übereinstimmend das sehr interessante Ergebnis gehabt haben, dafs die Ca- und K-haltigen Lösungen sehr viel weniger schädlich als physiologische Kochsalzlösung wirkten, geradezu als »entgiftend« bezeichnet werden konnten, erwiesen sie sich bei den Protisten in ausge-

sprochenster Weise als viel schädlicher. Nun sind allerdings die Verhältnisse bei den Wirbeltieren und den Protisten nicht direkt vergleichbar: die Gewebe der Wirbeltierer sind von einer 0,6 proz. Na Cl-Lösung umspielt, und es fragt sich nur, inwieweit die anderen Bestandteile der Gewebsflüssigkeit unentbehrlich sind; bei den Protisten ist schon die Kochsalzlösung körperfremd. Dem steht aber entgegen, dafs erstens die Protisten ein Anpassungsvermögen an 0,3 proz. Na Cl-Lösung haben und zweitens vor allem Ca-Jonen reichlich in ihrem Kulturwasser vorkommen. Ferner ist zu betonen, dafs sie im hiesigen sehr kalkhaltigen Leitungswasser ausgezeichnet gedeihen. Ich lasse zunächst eine Zusammenfassung meiner Ergebnisse mit Howellscher Lösung folgen.

Einwirkung von Howells Lösung.

0,7 proz. Na Cl-Lösung
0,06 „ Ca Cl_2- „
0,03 „ K Cl- „
(Howells Lösung.)

Paramäcium Aurelia.

2 Minuten: **Ortsbewegung allgemein verlangsamt. Form und Struktur normal. (3 Präp.)**

5 Minuten: Flimmerung meist lebhaft vermehrt. Einzelne nur flimmernd mit aufgehobener Ortsbewegung. (6 Präp.)

10 Minuten: Orts- und Flimmerbewegung wie vorher. Form normal, Leiber meist dunkel, fein gekörnt, viele mit 2 vergröfserten, scharf abgesetzt hervortretenden Vakuolen. Einzelne ohne jede Bewegung. (6 Präp.)

15 Minuten: Vereinzelte noch in schwimmender, meist in drehender und rollender Ortsbewegung, lebhaft namentlich am Mundende flimmernd. Anzahl ohne Bewegung, körnig zerfallend. (3 Präp.)

30—60 Minuten: Einzelne in lebhafterer, Mehrzahl in sehr geringer Bewegung; sehr intensive Flimmerungen. Die Länge der Flimmerhaare erscheint gröfser als normal. Stark dunkle, gleichmäfsige Struktur, hervortretende Vakuolen häufig. Zahlreiche Exemplare bewegungslos, zahlreiche ohne Konturen sich auflösend. (12 Präp.)

2—3 Stunden: Verschiedene mit lebhafteren oder geringeren Orts- und Flimmerbewegungen; Struktur dunkel, abgesetzte Vakuolen; viele desgleichen ohne Bewegung. Häufig ist der Austritt von hellen Bläschen zu beobachten, welche allmählich gröfser werden, bis sich schliefslich aus dem Leibesinnern körniges Protoplasma samt den Vakuolen in dieselben entleert wird. Die überwiegende Mehrzahl ist körnig mehr oder weniger zerfallen. (30 Präp.)

4 Stunden: Vereinzelte Bewegungen sehr selten. Einzelne schärfer konturiert, die übrigen mehr oder weniger zerfallen. (6 Präp.)

Nach dieser Zeit durchgehend mehr oder weniger zerfallen, sich auflösend. Bis 24 Stunden 16 Präparate.



Fig. 3.
Paramäcium Aurelia.
Form: Normal.
Struktur: Gleichmäfsig fein gekörnt, dunkel. Eingelagerte Futterballen.
Bewegung: Langsam schwimmend. Partielle Bewegung der Flimmerhaare.
(2 Std. in 1 proz. NaCl-Lösung od. 10 Min. in Howells Lösung)

Colpidium Colpoda.

2—3 Minuten: Ortsbewegung allgemein erheblich verlangsamt, meist um eine Körperachse drehend, wobei das Protoplasma spiralig verzogen wird. Struktur durchscheinend mit hervortretender Streifung, viele in der hinteren Partie dunkler grob gekörnt. Einzelne mit peripher hervortretender kleiner Vakuole. (8 Präp.)

5—6 Minuten: Konstantes Hemmungsstadium: Fast ausnahmslos ohne Bewegung. Protoplasma meist verzogen, gestreift. (5 Präp.)

7—10 Minuten: Verschiedene haben die Bewegung wieder aufgenommen. Viele mit peripher hervortretender Vakuole. (7 Präp.)

15—30 Minuten: Einzelne in rascherer, Mehrzahl in geringerer, meist drehender Bewegung. Leiber im hinteren Ende verbreitert, flaschenförmig, meist mit grofser Vakuole. Protoplasma dunkel geschrumpft, Konturen meist höckerig. Viele mit austretenden hellen Bläschen. (12 Präp.)

60—90 Minuten: Verschiedene in lebhafterer oder geringerer, Mehrzahl ohne Bewegung. Leiber flaschen-, meist kugelförmig, dunkel mit höckerig unregelmäfsigen Konturen und grofser Vakuole. Mehrzahl körnig zerfallend. (5 Präp.)

2—8 Stunden: Einzelne in Flaschen- bis Kugelform sehr vergröfsert mit grofser Vakuole in rollender Bewegung, sonst durchgehend in Auflösung begriffen. (21 Präp.)

14—18 Stunden: Die letzten sehr vergröfserten Exemplare in Kugelform mit grofser Vakuole, an welcher das Protoplasma nur als dunkler, schmaler Ring erscheint. Gering rollende Bewegung. (3 Präp.)

Nach dieser Zeit alle ohne schärfere Konturen zerfallen.

Vorticella microstoma.

2—10 Minuten: Die Kontraktionsbewegungen sind lebhaft vermehrt. Die Leiber beginnen deutlich zu schrumpfen Sehr lebhafte Flimmerung. (7 Präp.)

15—30 Minuten: Bewegung vereinzelt in langen Zwischenräumen. Die langen Flimmerhaare am Mundende in geringerer oder ohne Bewegung, ausgestreckt. Die Schrumpfung hat bedeutend zugenommen, Konturen höckerig. (3 Präp.)

75—90 Minuten: Kontraktionen selten. Einzelne mit geringer Flimmerung und schwachen pendelnden Bewegungen. Die Leiber erscheinen weniger geschrumpft, Konturen regelmäfsiger. Protoplasma aufgehellt. Einzelne mit Vakuole, deren Spielen zu beobachten ist. (3 Präp.)

2—5 Stunden: Einzelne Kontraktions-, Schwimm- und pendelnde Bewegungen. Verschiedene flimmernd. Einzelne in Cylinderform, hell, lebhaft schwimmend. Meist mit Stiel festsitzend, verschiedene in Kugelform ohne Stiel. Konturen meist normal, teilweise noch leicht geschrumpft. Struktur hell oder fein gekörnt. Verschiedene am Stielansatz dellenförmig eingezogen, einzelne haben an der Stelle einen Flimmerhaarkranz entwickelt. (12 Präp.)

24 Stunden: Meist in normaler, heller Glockenform mit normalen Kontraktionen. Verschiedene in Kugelform ohne Stiel, gering rotierende Bewegungen (bei starker Vergröfserung sichtbar). Verschiedene freie Stiele.

Vorticella nebulifera.

Es ist dieselbe Schrumpfung mit anfänglicher Vermehrung der Kontraktionen zu beobachten, wie bei V. microstoma. Abweichend ist aber der darauf folgende Übergang in Kugelform mit Verlust des Stieles, welcher hier durchgehend eintritt (Encystierung). Die Struktur zeigt entweder ein gleichartig durchsichtiges Gepräge, oder es wechseln unregelmäfsig hellere und dunklere Protoplasmamoleküle ab. Sehr geringe Flimmer- und Rotationsbewegungen bei starker Vergröfserung noch nach 4 Tagen zu beobachten. Dafs sich diese Form plötzlich wieder in die normale verwandeln kann, zeigte ein Präparat, in welchem nach 33 Stunden noch die eingekapselten Exemplare mit grofsem hellem Zentrum, von dunklerem Ringe umgeben, ohne Bewegung sich zeigten, worauf sie nach 45 Stunden schön restituiert erschienen.

Euplotes charon } nach 3 Tagen
Amphileptus carchesii } unveränderte Exemplare.

Von den Einwirkungen auf Paramäcium ist bemerkenswert, dafs es sich mit der Flimmerbewegung anders verhält als mit der Ortsbewegung. Die Flimmerbewegung kann sehr intensiv sein, wenn die Ortsbewegung schon aufgehoben ist. Die Störung in der Funktion tritt früher auf, als die sichtbare Veränderung der Struktur; sowie diese ausgebildet ist, ist die Bewegungsfähigkeit so gut wie aufgehoben. Bemerkenswert ist der Austritt von kleinen Bläschen aus dem Zellleibe und die Entleerung von körnigem Protoplasma in dieselben. Colpoda weist charakteristische

Unterschiede von Paramäcium auf. Zuvorderst tritt die Funktionsschädigung und die sichtbare Formveränderung gleichzeitig auf. Sodann ist in der 5. bis 6. Minute ein konstantes Hemmungsstadium ausgebildet, aus welchem sich die Mehrzahl wiederum zu beträchtlicher Bewegungsfähigkeit erholt. Schliefslich zeigte sich, dafs bei Colpoda die beschriebene, sehr hochgradige Formenveränderung die Bewegungsfähigkeit nicht gänzlich aufhebt. Vorticellen zeigen zuerst ein Erregungsstadium, sowohl V. microstoma, wie auch nebulifera; dann aber unterscheiden sich die Vorgänge in beiden; V. microstoma durchläuft ein Schrumpfungsstadium und restituiert sich daraus wieder zur Norm, V. nebulifera encystiert sich und verwandelt sich dann wieder in die normale Form. Euplotes und Amphileptus erleiden gar keine Schädigung durch die Howellsche Lösung. Für diese Arten ist es also gleichgültig, ob die 0,7 proz. NaCl-Lösung den $Ca\text{-}Cl_2$- und K-Cl-Zusatz hat oder nicht, nicht aber, wie oben gezeigt wurde, ob die NaCl-Lösung bis auf 1 % gesteigert wird. Da Colpidium die interessantesten Verhältnisse darbot, habe ich eine genaue vergleichende Untersuchung bei dieser Art angestellt.

Colpidium colpoda.

Tabelle der Bewegungen nach 1—10 Minuten.

Minuten	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
1	Die äufserst lebhafte, meist durch das Gesichtsfeld schiefsende Bewegung beginnt an Lebhaftigkeit abzunehmen.		
2	Die Bewegung ist in allen Präparaten (9 NaCl, 4 H, 6 Hm) allgemein und erheblich verlangsamt.		
3—4	Sehr verschiedene haben ihre Ortsbewegung eingestellt. (7 positive Präparate; in einem ist dieselbe allgemein verlangsamt.	Grofse Anzahl ohne Ortsbewegung. (4 Präparate in H, 5 in Hm.) Anscheinend ist die Anzahl gröfser als in NaCl, welche sich nach dieser Zeit nicht bewegt.	
	Die Streifung des Protoplasmas tritt verschiedentlich sehr deutlich hervor. Viele beginnen sich im hinteren Teile dunkel grob zu körnen, während die Substanz sonst durchsichtig bleibt. Bei einzelnen treten am hinteren Ende kleine Bläschen aus dem Leibes-		

Minuten	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
	innern heraus, welche nach und nach gröfser werden. Das Protoplasma beginnt sich bei vielen spiralig zu verdrehen, so dafs sich der äufsere Kontur verzieht. Die Bewegung wird rollend, drehend um die eigene Achse.		
5—6	1. Ein sehr geringer Teil in Bewegung. 2. Einzelne noch mit lebhafter, ein geringer Teil in langsamer Bewegung. 3. Allgemeine Verlangsamung; nach 6 Minuten Mehrzahl ohne Bewegung. Anzahl davon m. lebhafter Mundflimmerung. 4. Mehrzahl ohne Bewegung. Protoplasma verzogen, bei einzelnen Flimmerung, bei verschiedenen Vakuolen hervortretend. 5. Mehrzahl bewegungslos. 6. Gröfserer Teil ohne Bewegung, nach 6 Minut. wieder zunehmend. 7. Allgemein verändert. Konturen verzog., Leiber geschrumpft. 8. Bewegung fast allgemein sistiert. Von da ab beginnen einzelne dieselbe wieder aufzunehmen. Heraustreten von Bläschen nach 6 Minuten. 9. Bewegung fast allgemein sistiert. 10. Verschiedene ohne Bewegung. Verdrehung d. Leiber mehr allgemein. Kleine Bläschen am hinteren Ende.	1. Bewegung allgemein sistiert. Nach 6 Min. nehmen einzelne wieder ihre Bewegung auf. Protoplasma gestreift, verdreht, sonst noch hell. 2. Ausnahmslos ohne Bewegung. Nach 6 Minuten beginnen einzelne wieder die Bewegung aufzunehmen. 3. Keine Bewegung. Nach 6 Min. nehmen einzelne die Bewegung wieder auf. Formveränderung wie vorher. 4. Bewegung allgemein sistiert. Durchgehend Krümmung des Leibes. 5. Fast allgemeine Sistierung der Bewegung, verschiedene bleiben in Bewegung. Leiber geschrumpft, einzelne mehr normal.	1. Ausnahmslos ohne Bewegung. Leiber wenig verändert. 2. Mehrzahl ohne Bewegung, Anzahl rollend um ihre Achse. 3. Sehr vereinzelt in drehender Bewegung. Leiber streifig, verzogen, Konturen unregelmäfsig. Austreten kleiner Bläschen am hinteren Körperende. 4. Mehrzahl ohne Bewegung. Streifung allgemein hervortretend, Leiber verzogen. 5.[1]) In allen Präparaten vereinzelte in Bewegung. Protoplasma hell; Formen vielfach unverändert, viele verkrümmen in der Bewegung ihr Protoplasma. Hervortreten kleiner Bläschen.

1) Darunter je ein Präparat in 0,6 proz., H I und H II, also 3 Präparate.

Minuten	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
7–8	1. Der kleinere Teil in verlangsamter Bewegung. 2. Mehrzahl (wieder[1]) in geringer Bewegung. 3. Bewegung sich verallgemeinernd. Leiber gestreift, Austreten von Bläschen, einzelne in Flaschen- oder Kugelform. 4. Grofse Mehrzahl ohne Bewegung, verschiedene rollend. Bewegung in rollender Form allgemein zunehmend. 5. Mehrzahl ohne Bewegung.	1. Anzahl hat die Bewegung wieder aufgenommen. Deutliches Hervortreten der Vakuolen, sehr langsame rollende Bewegung. 2. Verschiedene wieder in langsamer Ortsbewegung. 3. Durchgehend ohne Bewegung. 4 Überwiegend. Mehrzahl ohne Bewegung, nur vereinzelt in geringer Bewegung. Leiber geschrumpft, streifig.	1. Einzelne nehmen wieder die Bewegung auf. Form verdreht sich im Ruhezustande. 2. Verschiedene nehmen die Ortsbewegung wieder auf. Sämtliche Leiber verzogen, geschrumpft. 3. Bewegung sistiert; Protoplasma streifig, verzogen. Bei den meisten Austreten eines kleinen Bläschens am hinteren Leibesende, seitlich. 4. Sehr vereinzelte in drehender Bewegung, sonst durchgehend bewegungslos. Leiber streifig, verzogen. Austreten eines hellen Bläschens seitlich am hinteren Ende. 5. Nach 6 Min. Mehrzahl ohne Bewegung (No. 4), nach 8 Min. bewegen sich noch einzelne.
10	1. Kleine Anzahl mit verlangsamter Bewegung. 2. Vereinzelte mit lebhafter, Anzahl mit verlangsamter, Mehrzahl ohne Ortsbewegung; rollend, drehend um die eigene Achse.	1. Bewegung von verschiedenen (wieder) aufgenommen. Bei einzelnen Austreten kleiner Bläschen am Rande des Leibes. Verschiedene sich dunkler körnend, einzelne in Kugelform.	1. Einzelne nehmen die Bewegung wieder auf. Verdrehung der Formen im Ruhezustande. 2. Anzahl wieder in Bewegung. Verschiedene in Flaschenform mit stark vergröfserter Vakuole.

1) d. h. in demselben Präparat war vorher die Bewegung gehemmt.

Minuten	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
	3. Mehrzahl m. schwacher Ortsbewegung, verschiedene mit sehr gekrümmtem Protoplasma ohne Bewegung. 4. Mehrzahl in langsamer Bewegung. Vakuole bei sehr vielen vergröfsert, hell abgesetzt. 5. Bewegung (wieder) fast allgemein. Austreten von Bläschen, einzelne in Flaschen- oder Kugelform. 6. Verschiedene nehmen die Bewegung (wieder) auf. 7. dgl., allgemeiner.	2.[1]) Vakuole stark vergröfsert, meist in Flaschenform, verschiedene in Kugelform. 3. Einzelne nehmen die Bewegung auf. Leiber gestreift, geschrumpft, seitlich austretende Bläschen am hinteren Ende.	

Mit 5—6 Minuten ist demnach ein ganz konstantes Hemmungsstadium gegeben, das namentlich in Howellscher Lösung sehr deutlich ist. In 4 Präparaten ist die Bewegung ausnahmslos aufgehoben Sie beginnt ebenso präzise mit 6 Minuten wieder einzusetzen (3 Präparate) und verallgemeinert sich allmählich, bis sie nach 10 Minuten wieder sehr zahlreich ist. Für modifizierte Howellsche Lösung gilt ungefähr dasselbe, nur scheint die Hemmung nach 5 Minuten nicht so allgemein und konstant zu sein. In einzelnen Präparaten ist die Bewegung noch nach 7—8 Minuten mehr oder weniger allgemein sistiert (2 Präparate mit ziemlich allgemeiner Hemmung nach 5 Minuten, Aufnahme der Bewegung nach 7—8 Minuten). In 0,6 proz NaCl endlich sind 5 Minuten für die überwiegende Mehrzahl in allen Präparaten (9 Präp.) als Hemmungsstadium konstant und wird von diesen die Bewegung nach dieser Zeit wieder aufgenommen; nach 10 Minuten ist sie ziemlich allgemein. Die Hemmung ist aber hier nicht so ausnahmslos, wie in H und Hm, indem eine ganz geringe Anzahl ihre Bewegung in geänderter Form beibehält.

Die Bewegung selbst wandelt sich in eine langsam drehende, rollende um, wobei das Protoplasma spiralartig verdreht wird. Das Protoplasma ist streifig und körnig mit helleren Bläschen durchsetzt, welche teilweise nach aufsen treten, die ehemalige kontraktile Vakuole bleibt konstant vergröfsert und setzt sich heller von der gekörnten Umgebung ab. Durch ihre Ausdehnung verwandelt sich die Form der Leiber in Flaschen-, späterhin in Kugelform, indem der hintere Teil des Leibes immer breiter und breiter wird. Zuletzt erscheint das körnige Protoplasma nur noch als dunkler Ring um die stark vergröfserte Vakuole.

1) Darunter je ein Präparat in 0,6 proz., H I und H II, also 3 Präparate

Tabelle der Bewegungen nach 15—90 Minuten.

Minuten	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
15	1. Mehrzahl in langsamer Bewegung. Verzogene Konturen häufig. Viele gestreift. Mehrzahl mit ausgetretenen kleinen Bläschen in der hinteren Partie. 2. Überwieg. Mehrzahl in meist rollender Bewegung. Einzelne fein gestreift, viele mit hervortretender kleiner Vakuole, scharf abgesetzte Mundöffnung.	1. Mehrzahl in verschiedenartiger langsamer Bewegung. 2. Kleinere Anzahl in geringerer Bewegung. Leiber vielfach in Flaschenform, dunkler gekörnt, sehr viele mit seitlichen Bläschen. 3. Mehrzahl in geringerer Bewegung. Leiber durchgehend geschrumpft, ungleichmäſsige Konturen. Bei vielen heraustretende Bläschen am hinteren Ende.	1. Mehrzahl in Bewegung. Austreten von Bläschen. Verschiedene in Flaschenform. 2. Mehrzahl in Bewegung. Verschiedene in Flaschenform, Vakuole vergröſsert.
20	1. Einzelne in lebhafter, sehr verschiedene m. sehr verringerter Bewegung. 2. Vereinzelte in lebhafter Bewegung, Mehrzahl scharf konturiert, ohne Bewegung. Leiber dunkler, streifig oder fein gekörnt. Durchgehend vergröſserte Vakuole. 3. Allgemein langsame Bewegung, einzelne flimmernd. Verschiedene streifig oder fein gekörnt. Vakuole klein, deutlich abgesetzt. 4. Vereinzelte lebhaft, Mehrzahl in verlangsamt. Bewegung, Mehrzahl in Flaschen-, viele in Kugelform mit vergröſserter Vakuole.	1. Mehrzahl in sehr geringer oder ohne Bewegung Flaschenformen mit vergröſserter Vakuole. 2. Mehrzahl in geringerer Bewegung, Leiber sehr ungleichmäſsig, geschrumpft, viele mit Bläschen am hinteren Ende. 3. Fast durchgehend in stark geschrumpfter Form mit groſsem am Rande gelegenem und zum Teil heraustretendem helldurchsichtigen Bläschen (Vakuole?) in meist drehender Bewegung.	1. Einzelne in lebhafter, Minderheit in geringer, Mehrzahl ohne Bewegung. Verschiedene mit lebhafter Flimmerung. Flaschen- und einzelne Kugelformen mit vergröſserter Vakuole. 2. Überwiegen. Mehrzahl ohne Bewegung. Leiber dunkel, meist Flaschenform mit vergröſserter Vakuole.

Minuten	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
30—45	1. Anzahl m. schwach schwimmender od. rollender Bewegung. Protoplasma streifig, verzogen. Vakuolen stark vergröſsert, abgesetzt. 2. Groſser Teil mit langsamer Ortsbewegung, einzelne lebhafter. Groſse Anzahl kugelig ohne Bewegung. 3. Die meisten mit schwacher Ortsbewegg. Protoplasma dunkel, fein gekörnt. Vakuole scharf hervortretend. 4. Mehrzahl mit langsamer Bewegung, einzelne etwas rascher. Leiber flaschenförmig mit groſser Vakuole. 5. Allgemein langsame Bewegung, verschiedentlich lebhaft. Protoplasma streifig oder gekörnt, Vakuolen allgemein vergröſsert. 6. Groſse Anzahl in verlangsamter, vereinzelte in lebhafter, Mehrzahl ohne Bewegung. Konturen scharf begrenzt, Leiber dunkel gekörnt mit vergröſserten Vakuolen und Bläschen.	1. Mehrzahl in geringer Bewegung, drehend, rollend. Leiber äuſserst verschieden verändert. Durchgehende Schrumpfung, dunkles Protoplasma mit unebenen Konturen. Viele mit groſser Vakuole, viele mit groſsen ausgetretenen Bläschen, namentlich am hinteren Ende. 2. Meist drehende Bewegung, vielfach ohne Bewegung. Hervortretende Vakuole, sich der Flaschenform nähernd. 3. Groſse Mehrzahl bewegungslos, sehr kleine Zahl in langsamer, vereinzelte in rascherer Bewegung. 4. Mehrzahl haufenweise ohne Bewegung, sehr viele schwimmend. Protoplasma dunkel gekörnt, Flaschen- bis Kugelform mit stark vergröſserter Vakuole. 5. Groſse Mehrzahl ohne, Anzahl in langsam schwimmender Bewegung. Alle scharf begrenzt.	1. Mehrzahl in Flaschen- und Kugelform ohne Bewegung. Groſse Zahl in langsamer Bewegung, einzelne mit intensiver Flimmerung. Alle Leiber dunkel gekörnt, sehr viele mit groſser Vakuole. 2. Meist ohne Bewegung. Leiber scharf konturiert, vielfach in Flaschen- bis Kugelform, dunkel gekörnt. Viele mit ausgetretenen Bläschen. 3. Meist ohne Bewegung. Form meist in Flaschen- u. Kugelform. Bei sehr vielen Heraustreten von Bläschen in allen Stadien.
60—90	1. Leiber flaschenförmig verändert, einzelne kugelig. Stark vergröſserte und hervortretende Vakuole. 2. Verschiedene mit rascherer, andere mit	1. Einzelne mit rascherer od. geringerer Ortsbewegung, einige in kugeliger Form mit groſser Vakuole. 2. Mehrzahl im Anfang mit äuſserst ge-	1. Mehrzahl in geringer Ortsbewegung. Leiber dunkel gekörnt in Flaschen- bis Kugelform mit groſser Vakuole. 2. Wenige in langsamer Bewegung. Lei-

Stunden	0,6 % Na Cl	Howell	Modif. Howell
	sehr langsamer und oft sistiert. Ortsbewegung. Fast alle Leiber flaschenförmig mit grofser Vakuole. 3. Sehr viele lebhaft schwimmend oder rollend, fast allgemeine, sehr geringe Ortsbewegung. 4. Mehrzahl mit schwimmender oder rollender Bewegung. Leiber dunkler gekörnt, häufig in Flaschenform mit grofser Vakuole. 5. Grofse Anzahl in Bewegung, verschiedene mit vergröfserten Vakuolen. Mehrzahl bewegungslos. Leiber scharf konturiert, feingekörnt, dunkel. Verschiedene zerfallen.	ringer Ortsbewegung, später Mehrzahl ohne Bewegung. Sehr viele mit geschrumpftem, stark dunkel gekörntem Leibe, unregelmäfsig begrenztem Kontur ohne Bewegung. Mehrzahl in Flaschen- oder Kugelform. Bei vielen intensive Flimmerung. 3. Sehr verschiedene in Bewegung, viele in Kugelform. Mehrzahl körnig zerfallen.	ber fast durchgehend in Flaschen- od. Kugelform, gekörnt. Verschiedene körnig zerfallen. 3. Einzelne meist in Kugelform in lebhaft rollender Bewegung. In Menge (zu Hunderten) körnig zerfallen.

Tabelle der Bewegungen nach 2—24 Stunden.

Stunden	0,6 % Na Cl	Howell	Modif. Howell
2	1. Sehr viele in Kugelform in Bewegung, verschiedene ohne Bewegung. 2. In Na Cl bedeutend lebhafter als in den anderen. Allerlei Formen mit grofser Vakuole, grofse Anzahl in Flaschenform.	1. Einzelne in meist rollender Bewegung, meist kugelig, Mehrzahl zerfallend. 2. Verschiedene in lebhafter, Mehrzahl in geringer Bewegung; Flaschenform mit grofser Vakuole. In Na Cl weniger, anscheinend aber lebhafter.	1. Verschiedene stark geschädigt in Bewegung, zu Hunderten zerfallen.
3	1. Verschiedene noch in rollender Bewegung, meist Kugelform. Gros teilweise bis vollständig zerfallen.	1. Verschiedene in rollender Bewegung mit meist sehr grofser Vakuole. Einzelne lebhaft flimmernd. Mehr-	1. Vereinzelte mit Ortsbewegung, sehr viele scharf in Flaschenform konturiert, gekörnt, sehr viele gequollen.

Stunden	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
	2. In NaCl mehr u. lebhafter in Bewegung, als in H u. Hm. Leiber stark dunkel gekörnt mit grofser Vakuole. 3. Verschiedene meist in Kugelform mit grofser Vakuole, sehr geschädigt in Bewegung. 4. Verschiedene in allerlei Formen sich bewegend. 5. In NaCl fast sämtliche, ziemlich ebenso in Hm, in H die überwiegende Anzahl in Bewegung. Veränderung in allerlei Formen, vorherrschend Flaschen- bis Kugelform. Dunkle Körnung, Bläschen, vergröfserte Vakuolen.	zahl gequollen od. zerfallen. 2. Verschiedene mit langsamer Bewegung. Bläschen in verschiedenen Stadien d. Austritts. Durchgehend Flaschen- bis Kugelform. 3. Sehr vereinzelte in Bewegung. Einzelne in Kugelform schärfer konturiert. 4. In H und Hm ist d. überwiegende Mehrzahl, in Na Cl anscheinend nur der kleinere Teil in Bewegung. Leiber scheinen in Na Cl weniger geschädigt.	2. Sehr viele in Kugelform in langsamer Bewegung. Einzelne lebhaft flimmernd. Mehrzahl zerfallen. 3. Ganz vereinzelte in kugelnderBewegung, Mehrzahl zerfallen.
4	1. Verschiedene mit geringer Bewegung, z. T. in kugeliger Form. Mehrzahl sich auflösend. 2. Vereinzelte bewegen sich in kugeliger Form,sehr vergröfserte, abgesetzte Vakuole. 3. Sämtliche Leiber gequollen, gröfstenteils zerfallen. 4. Vereinzelte in Kugelform langsam rollend. Gros mehr oder weniger zerfallen.	1. Bewegungen vereinzelt, meist in kugeliger Form. Mehrzahl zerfallend. 2. Keine Ortsbewegung. Ganz vereinzelte in Kugelform m. schwacher Flimmerung. 3. Verschiedene lebend in H, weniger in Hm und NaCl. 4. Verschiedene gleichmäfsig in H, Hm und Na Cl in veränderter Bewegung.	1. Vereinzelte mit sehr geringer Ortsbewegung. Verschiedene in scharf konturierter Kugelform. Grofse Mehrzahl sich auflösend.

Stunden	0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
	5. Vereinzelte in Bewegung, in NaCl anscheinend mehr. Leiber in NaCl weniger geschädigt. 6. Grofse Anzahl meist in Kugelform in Bewegung.	5. Mehrzahl in H, grofse Anzahl in Hm, weniger in NaCl in Flaschen- bis Kugelform mit grofser Vakuole in Bewegung.	
6—8		1. Keine Bewegung sichtbar. 2. In H u. Hm verschiedene, in NaCl vereinzelte in Bewegung, alle in Kugelform mit grofser Vakuole. Überwiegendes Gros in körniger Auflösung. 3. In H u. Hm überwiegende Mehrzahl, in NaCl kleinere Anzahl in Bewegung. Formen meist kugelig, aufsen höckrig, z. T. mehrere Bläschen.	
14—18		1. In H Anzahl in Bewegung, in Hm und NaCl ganz vereinzelt. Durchgehend sehr grofse Vakuolen, an denen das Protoplasma nur als Rand dunkler erscheint. (14 Std.) 2. In allen vereinzelte in grofser Kugelform in geringer Bewegung, an wenigsten anscheinend in NaCl, doch ist der Unterschied nicht sehr merklich. Äufserst vergröfserte Vakuole, vielfach mehrere Bläschen in einem Leibe.	

Stunden	0,6 % Na Cl	Howell	Modif. Howell
22	1. In Na Cl einzelne Exemplare in rollender Bewegung in Kugelform. Alles andere ohne schärfere Konturen, körnig zerfallen. 2. In Na Cl verschwindend einzelne in Kugelform mit grofser Vakuole in deutlicher Bewegung, noch weniger in H.		
24	In allen Präparaten ohne schärfere Konturen zerfallen.		

Resumé der Bewegungs- und Formveränderung.

Durch eine Reihe von Versuchen in Leitungswasser ist festgestellt worden, dafs Colpidium Colpoda in diesem Medium in keiner Weise nachweislich geschädigt wird. Mit den Versuchen in anderen Medien laufen gleichzeitig Kontrollpräparate in Leitungswasser unter denselben äufseren Bedingungen nebenher. Es ist bei dem folgenden Resumé stets vorausgesetzt, dafs die entsprechenden Kontrollpräparate nicht alteriert sind.

Die angewandten Lösungen sind: 0,6 proz. Kochsalz- und Howellsche Lösung I und II (modificierter H.).

Es wird darin festgestellt:

Nach einer Minute beginnt die äufserst lebhafte, meist durch das Gesichtsfeld schiefsende Bewegung an Lebhaftigkeit abzunehmen, nach zwei Minuten ist sie in allen Präparaten erheblich verlangsamt.

Nach vier Minuten hat eine Anzahl ihre Ortsbewegung eingestellt; wie es scheint in H I und II mehr, als in 0,6 proz. Na Cl. Die Streifung des Protoplasmas tritt verschiedentlich scharf hervor. Viele haben sich in der hinteren Partie grob gekörnt. Bei einzelnen treten im hinteren Leibesende seitlich kleine Bläschen heraus, welche nach und nach gröfser werden. Das Protoplasma beginnt sich bei vielen spiralig zu verdrehen, die Bewegung wird rollend um die eigene Achse.

Nach 5—8 Minuten ist in sämtlichen Präparaten ein ganz konstantes Hemmungsstadium vorhanden, das sich in einer totalen Bewegungssistierung der Versuchstiere äufsert. Die Hemmung ist in den Howellschen Lösungen, namentlich in Howell I in der Regel eine ausnahmslose, während in 0,6 proz Kochsalz-Lösung vereinzelte eine drehende Bewegung beibehalten.

Dieses Stadium der allgemeinen Sistierung hat eine Dauer von etwa zwei Minuten, worauf erst einzelne, bald aber verschiedene die Bewegung

wieder aufnehmen, so dafs sich nach zehn Minuten eine grofse Anzahl wieder in Bewegung befindet. Dieselbe ist jetzt meist drehend um die eigene Achse, wobei sich das etwas geschrumpfte, dunkler gewordene Protoplasma spiralig rollt. Viele zeigen hierbei die kleinen, aus dem Leibesinnern herausgetretenen Bläschen seitlich am hinteren Körperende.

Nach 15 Minuten ist ziemlich durchgehend die Mehrzahl wieder in Bewegung.

Nach 20—90 Minuten befindet sich bald die Mehrheit bald die Minderheit in Bewegung. Nach 60 Minuten zeigt von 13 Präparaten in sechs die die Mehrzahl, in sieben die Minderzahl Bewegung. Die Formen sind allgemein verändert. Die Vakuole ist stark vergröfsert und tritt als durchsichtige, scharf kreisrunde Masse in dem dunkelkörnigen Protoplasmaleibe hervor. Hierdurch wird die hintere Leibespartie bedeutend verbreitert, so dafs eine Flaschenform entsteht. Schliefslich geht diese durch weitere Vergröfserung der hellen Vakuole in Kugelform über, um die das dunkle Protoplasma im Profil nur noch als Ring um ein helles Centrum erscheint. Trotz dieser enormen Form- und Strukturveränderung führen die Tiere noch meist lebhaft rollende Bewegungen aus. Die Flaschenform der Leiber ist vereinzelt schon nach 10—15 Minuten zu beobachten, nach 30 Minuten verschiedentlich. Nach 60 Minuten haben die Flaschen- und Kugelformen das Übergewicht über die noch mehr normal erhaltenen Exemplare gewonnen, von denen viele lebhafte Flimmerung zeigen. Nach 90 Minuten ist die Flaschen- und noch mehr Kugelform fast durchgehend, verschiedene sind körnig zerfallen.

Es wurden vorhin bereits kleine Bläschen erwähnt, welche zunächst stets an gleicher Stelle in der hinteren Partie seitlich aus dem äufseren Kontur heraustreten und namentlich bei Drehbewegungen des Leibes als äufserlich gelegen zu erkennen sind. Diese Bläschen werden verschiedentlich nach 20 Minuten gröfser und erreichen einen Durchmesser, der die normale Leibesbreite noch übertrifft. Zugleich treten aber nach 20 Minuten und auch später noch nach Stunden einzelne Bläschen an allen verschiedenen Körperstellen seitlich sowohl, wie an den Polen, häufig bis zu sechs und darüber an einem Exemplar, aus dem Leibesinnern heraus. Das langsame Heraustreten und allmähliche Gröfserwerden dieser Bläschen wurde von mir wiederholt beobachtet. Dieselben sind zunächst vollständig durchsichtig und scharf in Kugelform konturiert. Plötzlich beginnt sich das körnige Protoplasma, als ob die Blase nach dem Innern des Leibes zu geplatzt wäre, in diese allmählich zu entleeren. Ihre Konturen verstrichen hierbei mit dem des Protoplasmasackes vollends und das nunmehr stets bewegungslose und anscheinend hiermit abgestorbene Colpidium hat nun verschiedene, abnorme Formen angenommen. Diese Bläschenbildung ist zwar bei sehr vielen Exemplaren, im Verhältnis aber bei einer nicht allzugrofsen Anzahl zu beobachten. Die Mehrzahl geht in die erwähnte Flaschen-, später Kugelform über und geht dann in dieser zu Grunde, zuletzt einen ungleichmäfsigen, körnigen Haufen bildend, der schliefslich sich auflöst.

Nach zwei bis acht Stunden befindet sich in den meisten Präparaten nur noch die Minderzahl in veränderten Formen in Bewegung, in vereinzelten die Mehrzahl. Nach 14—18 Stunden bewegt sich noch eine kleine Anzahl,

vereinzelte noch nach 22 Stunden. Nach 24 Stunden ist keine Bewegung mehr nachzuweisen. Leiber gewöhnlich durchgehend körnig zerfallen.

Alle bisherigen Versuche hatten ergeben, dafs eine Anpassung an die schädlichen Salzlösungen nicht stattfand; ich habe daher auf das experimentelle Studium der in der Natur sicher vorkommenden Anpassung verzichtet, dieselbe einem nachfolgenden Bearbeiter überlassend, weil ich andere Aufgaben zuvörderst erledigen wollte. Da ich gerade an Colpoda die eingehendsten Erfahrungen gesammelt hatte, wollte ich bei diesen Protisten ermitteln, nach wie viel Zeit der Einwirkung eine Rettung von den Giftwirkungen der 0,6 proz. Na-Cl-Lösung und der beiden »Howell«-lösungen möglich sei. Hierüber berichten die nachfolgenden Tabellen.

Tabelle der Rettungsversuche.[1]

(Methode siehe im Resumé.)

Nach 14 Stunden in 0,6 % NaCl, H und Hm:

In H Anzahl in Bewegung, in Hm und NaCl ganz vereinzelte in geringer Bewegung. Form kugelig, an den sehr grofsen Vakuolen erscheint das körnige, dunkle Protoplasma als Rand. In Leitungswasser gebracht:

10 Std.: Keine Bewegung, keine Restitution.
24 » dgl. Alles zerfallen.

Nach $3^1/_2$—$3^3/_4$ Stunden in 0,6 % NaCl, H und Hm:

1. Verschiedene lebend in allen 3 Präparaten, verändert. In Leitungswasser gebracht:

$1^1/_2$ Std.: In H und Hm vereinzelte in besserer Bewegung. Körper mehr oval, Vakuole kleiner. In NaCl keine Bewegung.

2. Verschiedene lebend in allen 3 Präparaten, verändert. In Leitungswasser gebracht:

6 Std.: In allen vereinzelt lebend, am meisten in NaCl, dann H, zuletzt Hm. Protoplasma heller, Vakuole kleiner oder nicht mehr sichtbar.

20 Std.: Vereinzelte gut restituiert.

3. Verschiedene lebend in H, weniger in Hm und NaCl, verändert. In Leitungswasser gebracht:

5 Std.: Keine Bewegung. Formen meist kugelig, körnig, ohne sichtbare Vakuole.

---

1) In nachfolgender Tabelle bedeutet »in H«, »in Hm«, »in NaCl« Kulturen, welche in der betreffenden Lösung gewesen sind.

Nach $2^1/_2$—3 Stunden in

0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
Verschiedene in rollend. Bewegung, meist in Kugelform. Gros teilweise bis vollständig zerfallen.	Sehr vereinzelte in Bewegung. Einzelne in Kugelform schärfer konturiert. Mehrzahl körnig zerfallen.	Ganz vereinzelte in kugelnder Bewegung. Einzelne schärfer konturiert. Mehrzahl zerfallen.

In Leitungswasser gebracht:

2 Stunden: Keine Bewegung nachzuweisen.

Nach $1^1/_4$ Stunden in 0,6 % NaCl, H und Hm.

Grofse Mehrzahl in Bewegung, verschiedene bewegungslos. Die meisten in Flaschen-, verschiedene in Kugelform mit grofser Vakuole, verschiedene zerfallen. In Leitungswasser gebracht:

$3^1/_2$ Std.: Grofse Anzahl lebend, in H und Hm mehr als in NaCl. Formen normaler, Protoplasma heller. Vakuole meist klein, vereinzelt grofs, bei vielen nicht sichtbar. Die Restituierung scheint in NaCl eine bessere.

14 Std.: In NaCl verschiedene, in H und Hm vereinzelte lebend, namentlich in NaCl gut restituiert.

Nach 60 Minuten in 0,6 % NaCl, H und Hm:

Grofse Anzahl in sehr geringer Bewegung, verschiedene ohne Bewegung. Fast durchgehend in Flaschen- bis Kugelform. Grofse Mehrzahl mit vergröfserter Vakuole. In Leitungswasser gebracht:

3 Std.: Verschiedene in alter Form und Bewegung am meisten in H und Hm, beste Restituierung in NaCl. Feingekörnte, hellere Leiber, meist sehr kleine Vakuole. Einzelne in Kugelform mit grofser Vakuole.

7 Std.: Verschiedene ad integrum wieder hergestellt, teilweise mit lebhafter Bewegung. Verschiedene in Flaschen- bis Kugelform mit grofser Vakuole in Bewegung.

Nach 30 Minuten in 0,6 % NaCl, H und Hm:

Mehrzahl ohne oder mit sehr geringer Bewegung. Viele mit vergröfserter, hell abgesetzter Vakuole sich der Flaschenform nähernd. Leiber dunkler gekörnt. In Leitungswasser gebracht:

$2^1/_2$ Std.: Verschiedene haben wieder die frühere Form angenommen, meist in NaCl, weniger in H und Hm. Die Restitution scheint in NaCl besser als in H und Hm; in letzterem Leiber dunkler und mehr zerfallen als in NaCl.

4 Std.: Verschiedene in früherer Form. Protoplasma aufgehellt, einzelne in lebhafter Bewegung. In NaCl hat eine gröfsere Anzahl die aufgehellte Normalform erreicht, als in H und Hm, wo die Leiber dunkler erschienen.

$7^1/_2$ Std.: Minderzahl in Form und Struktur ad integrum restituiert, Protoplasma fein gekörnt. Überwiegende Mehrzahl zerfallen. In NaCl und H etwa gleichviel erhalten weniger in Hm.

24 Std.: Dasselbe.

Nach 15 Minuten in 0,6 % NaCl, H und Hm:

Mehrzahl mit verlangsamter Bewegung. Leiber hell gestreift, teilweise streifig verzogen und im hinteren Teile grob gekörnt. Ebenda bei der Mehrzahl kleine herausgetretene durchsichtige Bläschen. Geschrumpfte, verzogene Konturen häufig. In Leitungswasser gebracht:

$3^1/_2$ Std.: Mehrzahl der Leiber im Kontur restituiert, hell, meist sehr fein gekörnt, verschiedene mehr flaschen-, einzelne kugelförmig mit grofser Vakuole. Einzelne zerfallen. Mehrzahl mit sehr geringer oder ohne Bewegung, einzelne ungeschwächt. Struktur allgemein gebessert.

20 Std.: Mehrzahl in Form, Struktur und Bewegung ad integrum restituiert. Einzelne zerfallen.

Hm:

Mehrzahl in Bewegung. Verschiedene in Flaschenform, Bläschen vergröfsert. In Leitungswasser gebracht:

60 Min.: Fast durchgehend ohne Bewegung. Körper dunkler, fein gekörnt, vielfach flaschenförmig; bei einzelnen ausgetretene Bläschen. Verschiedene mit hellerem Leibe, Kontur mehr normal, ohne hervortretende Vakuole.

4 Std.: Verschiedene ad integrum restituiert. Aufgehelltes, z. T. sehr fein gekörntes Protoplasma, sehr kleine Vakuole; lebhaftere Bewegungen. Mehrzahl in Flaschen- bis Kugelform ohne Vakuole, dunkel gekörnt, bewegungslos.

5 Std.: Anzahl in Form, Struktur und Bewegung ad integrum restituiert. Grofse Mehrzahl wie vorher.

9 Std.: Dasselbe.

Nach 6—10 Minuten in

0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
1. Leiber allgemein verzogen, nur einzelne in Bewegung. Verschiedene nehmen die Bewegung wieder auf. In Leitungswasser gebracht: 2 Min.: Äufsere Konturen bei verschiedenen sich restituierend.	1. Durchgehend ohne Bewegung, durchgehende Krümmung des Leibes. In Leitungswasser gebracht: 2 Min.: Einzelne in Bewegung. Seitliche Bläschen ausgetreten. 3 Min.: Verschiedene nehmen die Bewegung auf.	1. Bewegung sistiert. Protoplasma durchgehend streifig, meist verzogen. Bei den meisten Austreten eines kleinen Bläschens am hinteren Teile des Leibes. In Leitungswasser gebracht: 2 Min.: Die meisten rollen um ihre eigene

0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
3—8 Min.: Konturen regelmäfsiger. Bewegung zahlreich, meist drehend um die Achse. Verschiedene streifig. fein gekörnt, mehr ovalrund. Herausgetretene Bläschen am hinteren Ende, bei vielen vergröfsert. 12—15 Min.: Mehrzahl in Bewegung, meist lebhaft rollend. Leiber teilweise in alter Form. viele rundlich breiter. 15—20 Min.: Grofse Mehrzahl ohne Bewegung. Kontur meist etwas ungleichmäfsig breiter. Einzelne mit grofser Vakuole. 30 Min.: Mehrzahl in Form restituiert. verschiedene breiter. Viele mit verschiedenen Bläschen innerhalb des Leibes, bei einzelnen vergröfserte Vakuole. Mehrzahl ohne Bewegung, verschiedene mit ungeschwächter. 3 Std.: Bewegung allgemein, doch meist gering. Form durchgehend restituiert, Protoplasma einzelner im hinteren Teile mit grobkörnigen Einlagerungen. 2. Grofse Mehrzahl ohne Bewegung. Konturen verzogen. Bewe-	5 Min.: Bewegung durchgehend rollend um die eigene Achse. Kleine Bläschen ausgetreten. Protoplasma einzelner normal, Mehrzahl verzogen. 10 Minuten: Form durchgehend restituiert, keine verzogen. Protoplasma gleichmäfsig fein gekörnt, Bläschen vielfach verschwunden. Bewegung langsam, doch mehr normal. 50 Min.: Durchgehend in Form und Struktur restituiert. Grofse Anzahl in ungeschwächter, überwiegend. Mehrzahl in geringerer Bewegung. $3^1/_2$ Std.: In Form und Struktur ad integrum. Mehrzahl in lebhafter Bewegung. 2. Keine Bewegung. Formveränderung wie vorher. In Leitungswasser gebracht: 1 Std.: Grofse Mehrzahl in Form und Struktur restituiert. Einzelne mit lebhafter, Mehrzahl mit geringerer od. ohne Bewegung. Verschiedene flaschen- bis kugelförmig mit gröfserer Vakuole. 22 Std.: Überwiegende Mehrzahl in Form und Struktur ad inte-	Achse, wobei die Lage des Bläschens als aufserhalb befindlich festzustellen ist. 4 Min.: Bewegung allgemeiner. 10 Min.: Meist ohne Bewegung. Die Struktur des Protoplasmas wird mehr normal. 20 Min.: Bewegung allgemeiner, meist sehr langsam, norm. schwimmend, verschiedene ungeschwächt rasch. 3 Std.: Teilweise in lebhafter, teilweise in langsamerer Bewegung. Leiber meist restituiert. Einzelne in Flaschenform mit gröfserer Vakuole, einzelne mit ausgetretenen Bläschen. 4 Std.: Sehr viele in lebhafter Bewegung, Mehrzahl in langsamer. Grofse Mehrzahl in Form und Struktur restituiert, einzelne mit kleiner Vakuole. Vereinzelte körnig zerfallen. 20 Std.: Mehrzahl ad integrum restituiert. Einzelne mit schiefsender, Mehrzahl mit langsamer Bewegung. 2. Sehr vereinzelte in drehender Bewegung, sonst durchgehend bewegungslos. Leiber streifig, verzogen, Konturen unregelmäfsig.

0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
gung wieder zunehmend. In Leitungswasser gebracht: 2 Min.: Bewegung allgemeiner, Konturen gleichmäfsiger, Leiber fein gekörnt. 5 Min: Leiber mehr aufgehellt. Verschiedene mit kleinen Bläschen. 10 Min.: Mehrzahl in meist geringer Bewegung, verschiedene schiefsen durch das Gesichtsfeld. Konturen mehr restituiert, Leiber dunkler, fein gekörnt. Einzelne m. vergröfserter Vakuole. 40 Min.: Verschiedene mit ungeschwächter, Anzahl m. geringer, Mehrzahl ohne Bewegung. Konturen gröfstenteils restituiert Leiber heller, viele mit kleinen Bläschen. Verschiedene mehr kugelförmig, dunkel gekörnt, vereinzelnt grofse Vakuolen. 18 St.: Überwiegend in Form, Struktur und Bewegung ad integrum restituiert. Vereinzelte zerfallen. Das Präparat macht den Eindruck einer Kultur. 3. Bewegung fast allgemein sistiert, Konturen verzogen, Heraustreten von Bläschen.	grum, verschiedene breiter. Verschiedene in lebhafter, Mehrzahl in langsamerer Bewegung. 3. Ausnahmslos ohne Bewegung. Formveränderung wie vorher. In Leitungswasser gebracht: 2 Min.: Formen normaler werdend. 5 Min.: Einzelne in mäfsiger, Mehrzahl in geringerer Bewegung. Vielfach hervortretende Streifung. 15—20 Min.: Leiber meist in alter Form, vielfach gekörnt. Viele in Flaschenform mit grofser Vakuole. 2 Std.: Mehrzahl in Form und Struktur restituiert. Verschiedene breiter. Einzelne mit rascher, Mehrzahl mit geringer Bewegung. Einzelne in Flaschen- bis Kugelform mit grofser Vakuole, einzelne zerfallen. 22 Std.: Fast durchgehend in Form und Struktur restituiert. Bewegung teilweise ungeschwächt, meist gering. (In Leitungswasser unter denselben Bedingungen ein Kontrollpräparat mit allgemein lebhafter Bewegung.)	Am hinteren Leibesende Austreten eines kleinen Bläschens. In Leitungswass. gebracht: 2 Min.: Restitution der alten Konturen. 5 Min.: Mehrzahl mit alten Konturen; Protoplasma gleichmäfsig dunkler gekörnt. Anzahl mit geringer, Anzahl mit lebhafter, Mehrzahl ohne Bewegung. 10 Min.: Anzahl mit lebhafter, Mehrzahl mit geringer oder ohne Bewegung. Grofse Mehrzahl mit altem Kontur, Leiber gleichmäfsig dunkler feingekörnt, einzelne mit kleineren Vakuolen. 40 Min.: Bewegung bei vielen lebhaft, meist gering, verschiedene ohne Kontur und Struktur mehr normal. Verschiedene mit sehr kleinem Bläschen, das innerhalb des Leibes zurückgetreten scheint. 60 Min.: Mehrzahl in Bewegung, grofse Anzahl in lebhafter Kontur und Struktur im allgemeinen restituiert, Protoplasma aufgehellt, einzelne mit sehr kleinen Bläschen. 19 Std.: Grofse Mehrzahl in lebhafter Bewegung. Sehr viele ad

0,6 °/₀ NaCl	Howell	Modif. Howell
In Leitungswasser gebracht: 2—5 Min.: Die verzerrten Leiber nehmen wieder normale Konturen an. Struktur allgemein sehr geschädigt. Sehr viele mehr flaschenförmig mit vergröfserter Vakuole, einzelne mit seitlich hervortretenden Bläschen; verschiedene in Kugelform. Protoplasma fein gekörnt, dunkler. Einzelne in lebhafter, Mehrzahl in geringer Bewegung. 10 Min.: Mehrzahl in Bewegung, aber schwer geschädigt. Alle Übergänge zwischen Flaschen- und Kugelform, teilweise mit grofser Vakuole. Protoplasma allgemein gekörnt. Vereinzelte haben körnige Massen in die herausgetretenen Bläschen entleert. Minderzahl in Form restituiert. 25 Min.: Mehrzahl in Bewegung, teilweise geringer. Sehr viele in Flaschen- bis Kugelform mit sehr grofser Vakuole. Kleiner Teil in alter Form. 18 Std.: Grofse Anzahl ad integrum, verschiedene in veränderten Formen in Bewegung, grofse Mehrzahl körnig zerfallen.		integrum, viele mehr länglich walzenförmig, andere breiter, mehr rundlich in ihrer Form. Viele mit lebhafter Mundflimmerung. 3. Mehrzahl ohne Bewegung, Streifung allgemein hervortretend, Leiber verzogen. In Leitungswass. gebracht: 4 Min.: Einzelne wieder norm. schwimmend, ziemlich unverändert, einzelne mit verzogenem Protoplasma rollend. Sehr viele mit kleinen Bläschen am hinteren Teile, nach aufsen getreten. Mehrzahl streifig 10 Min.: Einzelne in lebhafter, Mehrzahl in geringer Bewegung, viele ohne. Einzelne in Flaschenform mit grofser Vakuole, sehr viele mit kleinen Bläschen am hinteren Ende. Protoplasma meist streifig, fein gekörnt. 20 Min.: Einzelne schiefsend, Mehrzahl in geringer Bewegung. Leiber meist dunkel, scharf konturiert, sehr viele mit kleiner, einzelne mit gröfserer Vakuole. Einzelne in Kugelform mit grofser Vakuole. 40 Min.: Grofse Anzahl ad integrum mit schiefsender Bewegung,

0,6 % NaCl	Howell	Modif. Howell
4. Bewegung fast allgemein sistiert. Konturen verzogen. In Leitungswasser gebracht: 2 Min.: Die verzogenen Konturen regulieren sich. 3 Min.: Kleine Bläschen heraustretend. Einige haben körnige Massen in dieselben entleert. 5—8 Min.: Anzahl in lebhafter Bewegung, mehr rollend, drehend. Verschiedene mehr rund oval; Leiber deutlich geschädigt. Dunkler, inner- und aufserhalb Bläschen hervortretend. Verschiedene lebhaft flimmernd. 10 Min.: Verschiedene in lebhafter, Mehrzahl in geringer Bewegung. Leiber vielfach in alter Form, viele breiter, rundlicher. 30 Min.: Verschiedene schiefsend, Mehrzahl mit alten Konturen in geringer Bewegung. Viele kugelig mit sehr grofser Vakuole. 2 Std.: Grofse Mehrzahl in Kontur und Struktur restituiert; viele in lebhafter, meist in geringer Bewegung. Verschiedene mehr kugelförmig, einzelne zerfallen. 24 Std.: Anzahl ad integrum. Grofse Anzahl körnig, in Kugelform, z. T. zerfallen.		Mehrzahl langsam. Kleinere Anzahl flaschen- bis kugelförmig mit kleineren oder gröfseren Vakuolen. 60 Min.: Verschiedene in lebhafter, Mehrzahl mit geringer Bewegung, sehr viele ohne. Leiber aufgehellt mit scharfen Konturen. 18 Std.: Überwiegende Mehrzahl in lebhafter Bewegung, teilweise mehr drehend. Leiber hell, meist mit hervortretender Streifung. Lebhafte Mundflimmerung bei langsamerer Bewegung. Die Restitution erscheint weniger vollkommen als in 0,6% Na Cl.

Resumé der Rettungsversuche.

Die Rettungsversuche wurden in der Weise ausgeführt, dafs die Versuchstiere aus der chemischen Lösung nach bestimmter Zeit in gewöhnliches Leitungswasser gebracht wurden.

Aus diesen Versuchen hat sich ergeben:

Nach einem Aufenthalte von längstens 3—4 Stunden in einer 0,6 proz. Kochsalzlösung, in Howellscher oder unserer modifizierten Howellschen Lösung gelingt es, noch einzelne Tiere durch Verbringen in Leitungswasser zu retten. Die Zahl ist im Verhältnis sehr gering, die Restitution scheint keine vollständige.

Es mufs auf eine Zeit von höchstens 30—60 Minuten heruntergegangen werden, um noch etwas lohnende Resultate zu erzielen. Hiernach gelingt es noch, durch Verbringen in Leitungswasser die Minderzahl ad integrum zu restituieren. Die Restitution tritt nicht vor 2—3 Stunden ein.

Nach einem Aufenthalte von nur 15 Minuten in den obigen Lösungen gelingt es in der Regel, die Mehrzahl zu retten. Der Aufenthalt im Leitungswasser mufs mehr als eine Stunde betragen.

Verbleiben die Versuchstiere 6—10 Minuten in der Lösung, so gelingt es, dieselben noch ziemlich durchgehend zu erhalten. Eine Besserung der verzogenen Konturen tritt im Leitungswasser schon nach 5—10 Minuten allgemein ein. Die Bewegungen beginnen mit 30—40 Minuten wieder vereinzelt lebhaft schiefsend zu werden, nach 3—4 Stunden ist die Mehrzahl, nach 18—20 Stunden die grofse Mehrzahl in normaler Bewegung. Eine restitutio ad integrum completa scheint demnach nur in Form und Struktur, nicht aber in der sonst allgemein lebhaften Bewegung dieser Tiere einzutreten.

Besonders bemerkenswert ist, dafs es nur einer sehr kurzen Zeit der Einwirkung der Salzlösungen bedarf, um Form und Funktion sehr erheblich zu schädigen, aber einer sehr langen Dauer, bis der Ausgleich wieder eintritt. Dies scheint dafür zu sprechen, dafs die Einwirkung der betrachteten Salzlösungen, sei sie nun primär eine physikalische oder chemische, sehr tiefgreifende Änderungen im Gefüge des Protoplasmas im Gefolge hat. Mit der Annahme eines blofsen Wasseraustrittes aus der Zelle dürfte eine erschöpfende Erklärung der beobachteten Erscheinungen nicht gegeben sein. Schliefslich sei noch darauf hingewiesen, dafs die Protisten, welche der Na-Cl-Lösung ausgesetzt gewesen waren, sich besser restituierten als diejenigen, welche in »Howell« gewesen waren, ein neuer Beweis für die Giftigkeit der Zusätze dieser Lösung. Ich bin nun dazu über-

gegangen, die Zusätze, KCl und $CaCl_2$ gesondert für sich zu prüfen.

0,764 proz. KCl-Lösung (entspricht 0,6 % NaCl).

Paramäcium caudatum:

Momentan veränderte Bewegung, meist lebhaft im kleinen Kreise oder um die eigene Achse.

5 Minuten: Bewegung verlangsamt; sehr vermehrte, rapide Flimmerung. Einzelne nur flimmernd.

10 Minuten: Vereinzelte ohne jede Bewegung. Die verlängerten Flimmerhaare stillstehend. Aus dem Leibe treten kleine helldurchsichtige Bläschen wie Fetttröpfchen in die Umgebung über. Sonst durchgehend in normaler Form, fein gekörnt, in geringer Kreisbewegung; einzelne nur flimmernd.

20—40 Minuten: Sehr viele in unregelmäfsiger Form körnig gequollen, häufig von einem hellen Hofe umgeben. Sehr viele mit austretenden und in die Umgebung abgehenden hellen Bläschen verschiedener Gröfse. Verschiedene während deren Austritt noch in Bewegung oder mit lebhafter Flimmerung. Einzelne mit über die Körperoberfläche hinausragenden Bläschen, in welche sich vom Leibesinnern aus körnige Massen plötzlich oder allmählich entleeren. Gröfserer Teil in normaler Form, häufig mit zwei hervortretenden Vakuolen, Leiber fein dunkel gekörnt. Geringe Kreisbewegung, einzelne nur mit rapider oder geringer Flimmerung. (4 Präparate.)

60—120 Minuten: Mehrzahl in sehr veränderten Formen zu Grunde gegangen; Bläschenaustritt, helle Höfe. Viele in normaler Form, dunkel gekörnt, in mäfsiger oder geringer Bewegung; einzelne nur mit Flimmerung. (7 Präparate.)

3—4 Stunden: Vereinzelte in Bewegung, Leiber dunkel gekörnt, einzelne mit Flimmerung. Verschiedene in normaler Form ohne Bewegung, überwiegende Mehrzahl in abnormen Formen gequollen, teilweise zerfallen. (4 Präparate.)

Nach dieser Zeit keine Bewegungen mehr. (Von 5 bis 21 Stunden 7 Präparate.)

Colpidium Colpoda:

Momentan veränderte, lebhaft im Kreise drehende Bewegung. (4 Präp.)

2 Minuten: Bewegung allgemein, sehr verlangsamt. Hervortretende Streifung, vielfach Verdrehung der Leiber, viele mit eingelagerten, kleinen, hellen Bläschen in der hinteren Leibespartie. (4 Präparate.)

4 Minuten: Fast durchgehend ohne Bewegung. Leiber durchscheinend, meist verzogen. (4 Präparate.)

7 Minuten: Bewegung wieder allgemein gering. Leiber hell, meist verzogen. (4 Präparate.)

12 Minuten: Leiber durchgehend dunkler, fein gekörnt, meist mit kleiner, scharf abgegrenzt hervortretender Vakuole. Viele mit lebhafter Mundflimmerung. (4 Präparate.)

20 Minuten: Mehrzahl in geringer, verschiedene ohne Bewegung. Meist im hinteren Ende etwas verbreitert. (3 Präparate.)

30—60 Minuten: Ziemlich allgemeine, geringe Bewegung. Leiber dunkel gekörnt, meist im hinteren Ende verbreitert, verschiedene kugelförmig. Einzelne mit vergröfserter Vakuole, andere mit ausgetretenen hellen Bläschen, einzelne zerfallen. (5 Präparate.)

2—5 Stunden: Einzelne in dunkel gekörnter Flaschenform in geringer Bewegung, verschiedene desgleichen, ohne Bewegung, vereinzelte davon mit ausgetretenen Bläschen. Sonst durchgehend formlos körnig zerfallen. (12 Präparate.)

Nach dieser Zeit keine Bewegungen mehr. (Bis 21 Stunden 2 Präparate.)

Vorticella < microstoma. nebulifera.

Die Vorticellen bleiben durchgehend erhalten. Teilweise behalten sie normale Form bei und zeigen normale pendelnde und Kontraktionsbewegungen; teilweise schrumpfen sie ein wenig, zeigen geringe Bewegungen, oder rollen sich kugelförmig ein, wobei das Protoplasma eine ungleichmäfsig hellere und dunklere Differenzierung annimmt, ohne hiermit zu Grunde zu gehen. Bei starker Vergröfserung lassen sich stets geringe rollende Bewegungen an diesen dunkleren Kugelformen nachweisen. (Von 2 bis 20 Stunden 19 Präparate.)

0,382 proz. KCl-Lösung.

Paramäcium caudatum.

15 Minuten: Leiber durchgehend dunkler gekörnt, viele mit 2 hervortretenden Vakuolen. Form vielfach verbreitert. Bewegung meist verringert, örtlich um die eigene Achse drehend. Einzelne ohne Bewegung mit ausgetretenen hellen Bläschen; bei einigen entleert sich in diese Bläschen aus dem Leibe hellkörniges Protoplasma. (2 Präparate.)

30—60 Minuten: Überwiegende Mehrzahl in meist verlangsamter Bewegung. Verschiedene ohne Bewegung, einzelne mit ausgetretenen Bläschen, einzelne in abnormer, vergröfserter Form hell gequollen. (5 Präparate.)

2—3 Stunden: Kleine Anzahl in normaler Form und Struktur, dunkelgekörnt, in geringer oder ohne Bewegung. Verschiedene mit ausgetretenen Bläschen. Überwiegende Mehrzahl in normalen bis sehr abnormen Formen vergröfsert und hellkörnig gequollen. (5 Präparate.)

4 Stunden: Einzelne in normaler Form und Struktur, dunkel gekörnt, ohne Bewegung, sonst durchgehend in verschiedentlich sehr abnormen Formen vergröfsert und hellkörnig gequollen, Von 4—20 Stunden 10 Präparate.

Colpidium Colpoda.

15 Minuten: Durchgehend normale Form; Leiber hell, durchscheinend. Bewegung allgemein verringert.

30 Minuten: Durchgehend normale Form; Leiber fein gekörnt mit hervortretender Streifung. Mit sehr geringer oder ohne Bewegung.

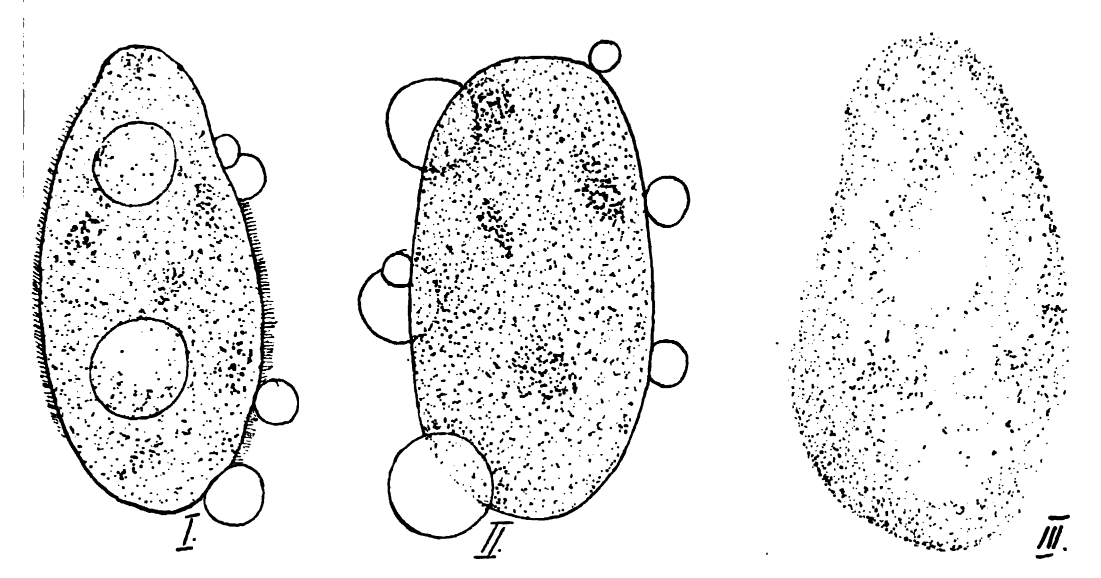


Fig. 4.

Paramäcium. Einwirkung von 0,382% Kaliumchlorid.

I = Zwei hervortretende, stark vergröfserte Vakuolen. Ausgestreckte, deutlich sichtbare Flimmerhaare. An der Peripherie austretende helle Bläschen. (20 Minuten.)

II = Quellung des Leibes, Form verändert. Vakuolen und Flimmerhaare nicht mehr sichtbar. Vergröfserung der Bläschen. (40 Minuten.)

III = Gequollenes Exemplar nach 20 Stunden. Äufsere Konturen erhalten, blafs.

60 Minuten: Überwiegende Mehrzahl in normaler Form, im hinteren Ende meist etwas verbreitert. Einzelne in dunkelgekörnter Kugelform, Vakuole vergröfsert; einzelne körnig zerfallen. Verschiedene in lebhafter, meist in geringer oder ohne Bewegung. (5 Präparate.)

2—8 Stunden: Mehrzahl in normaler, in der hinteren Partie meist verbreiterter Form. Leiber hell, fein gekörnt. Verschiedene in dunkelgekörnter Kugelform, verschiedene körnig zerfallen. Bewegung wie vorher. (9 Präparate.)

12—18 Stunden: Minderzahl in normaler Form, meist mit eingelagerten hellen Bläschen oder fein gekörnt, hell; in geringer Bewegung. Mehrzahl in abnormer Kugelform, dunkelgekörnt, vielfach mit grofser Vakuole, rollend oder ohne Bewegung. Viele körnig zerfallen. (2 Präparate.)

24—42 Stunden: Überwiegende Mehrzahl formlos zerfallen. Sehr viele rollend in Kugelform; verschiedene in normaler Form mit heller Struktur, kleinen eingelagerten Bläschen, in geringer Bewegung. (2 Präparate.)

Vorticella < microstoma. nebulifera.

In Form, Struktur und Bewegung erhalten. Von 20 Minuten bis 24 Stunden 8 Präparate.

Euplotes charon.

Normal erhalten.

Beide K Cl-Lösungen sind für Paramäcium wie für Colpoda giftig, für Vorticella nicht. Besonders interessant ist der Vergleich mit der Wirkung der 0,6 proz. und 0,3 proz. Na Cl-Lösung, da sich sehr wesentliche Unterschiede zeigen. Der wichtigste ist die gröſsere Schädlichkeit der K Cl-Lösungen. Dieselbe äuſsert sich in der kürzeren Lebensdauer der Protisten in den letzteren und in den gröſseren Veränderungen der Struktur. Das tritt besonders dadurch hervor, daſs die mit der unschädlichen 0,3 proz. Na Cl-Lösung äquimolekulare 0,382 proz. K Cl-Lösung noch recht giftig ist. Es liegt am nächsten, diese Wirkung den K-Jonen zuzuschreiben, und meine Versuche mit anderen Substanzen, welche dissociierte K-Jonen besitzen, bestätigen diese Annahme. Auch ein sehr deutlicher morphologischer Unterschied gegenüber der Wirkung äquimolekularer Na Cl-Lösungen tritt namentlich bei Paramäcium hervor, das ist der sehr viel häufiger beobachtbare Austritt von kleinen und gröſseren Bläschen aus dem Protoplasmaleibe und Entleerung von Protoplasmabestandteilen in dieselbe.

Einwirkung von Lösungen, welche Ca-Jonen enthalten.

Es ist schon mehrfach auseinandergesetzt worden, daſs die Untersuchung des Einflusses Ca-haltiger Substanzen bei unseren Protisten ein besonderes Interesse darbot. Zunächst versuchte ich eine Lösung, welche enthielt

0,6 % Na-Cl,
0,03 % Ca-Cl.

Die Resultate, welche an etwa 120 Präparaten gewonnen wurden, entsprachen fast genau denjenigen der Howellschen Lösung, sowohl mit Paramäcium wie mit Colpidium, wie auch den anderen Protisten. Also nicht allein milderte der $CaCl_2$-Zusatz nicht die Giftwirkung des NaCl, sondern verstärkte dieselbe sogar. Dies trat noch deutlicher hervor, als der Zusatz von $CaCl_2$ zu der unschädlichen 0,3 proz. NaCl geschah. Denn unter der Einwirkung einer solchen Lösung erwies sich zwar Paramäcium im wesentlichen als widerstandsfähig, nicht aber Colpoda, wie die nachfolgenden Protokolle beweisen.

0,3 proz. NaCl-, 0,03 „ $CaCl_2$- Lösung.

1. 20 ccm:

6 Min. Colp.: Bewegung durchgehend sehr verlangsamt.
Param.: In lebhaft normaler Bewegung.

15 Min. Colp.: Bewegung sehr verlangsamt. Leiber hell, durchscheinend, meist mit kleiner, peripher gelegener, nicht heraustretender Vakuole.
Param.: Normal, meist in lebhafter Bewegung.

30 Min. Colp.: Wenige in lebhafterer schwimmender, die meisten mit sehr geringer örtlicher Bewegung. Form meist verzogen, Struktur, Vakuole vielfach etwas vergröſsert. Durchgehende Schädigung.
Param.: Lebhaftere und geringere Bewegungen abwechselnd. Form normal, Struktur gleichmäſsig fein gekörnt, ziemlich hell, keine Vakuolen. Im ganzen normal.

2 Std. Colp.: Kleine Anzahl in lebhaft schwimmender Bewegung, überwiegende Mehrzahl in sehr geringer, örtlicher Bewegung. Form teilweise normal, teilweise flaschenförmig mit vergröſserter Vakuole. Konturen vielfach gering höckerig, Struktur hell.
Param.: Meist in normal lebhafter, viele in geringer Bewegung am Boden. Form und Struktur durchgehend normal.

4 Std. Colp.: Durchgehend in sehr geringer oder ohne Bewegung, Form sehr verändert, abnorme Kugel- und Flaschenformen, durchgehend sehr gelitten. Groſse Vakuole, unregelmäſsige, sehr höckerige Konturen.
Param.: Form und Struktur normal. Einzelne in lebhafter, Mehrzahl in geringerer Bewegung. Leiber fein gekörnt, wenig dunkler.

2. 5 ccm:

Momentan ungeschwächte Bewegung.

1 Min.: Desgleichen.

3 Min. Colp.: Teilweise sehr lebhaft, teilweise etwas verlangsamte Bewegung.
Param.: In lebhafter Bewegung.

6 Min. Colp.: Bewegung allgemein etwas verlangsamt, drehend um die eigene Achse.
Param.: Lebhaft normal.

12 Min. Colp.: Durchgehend sehr verlangsamte Bewegung, meist drehend, mit kleinster Vakuole.
Param.: Schiefsen normal durch das Gesichtsfeld.
Vort.: Normal in Form und Struktur.

30 Min. Colp.: Durchgehend in sehr verlangsamter, meist drehend-schwimmender Bewegung, sehr viele örtlich, sehr gering. Häufige Verzerrungen des Protoplasmas. Struktur normal, hell. Alle geschädigt.
Param.: Schiefsen normal durch das Gesichtsfeld. Form normal, Struktur sehr fein gleichmäfsig gekörnt, ziemlich hell.

2 Std. Colp.: Grofse Anzahl in normal lebhafter Bewegung. Mehrzahl in sehr geringer, drehend-rollender oder gering schwimmender Bewegung, Form teilweise normal, teilweise flaschen- bis kugelförmig, mit kleiner oder gröfserer Vakuole, mehr oder weniger höckerigen Konturen. Struktur hell.
Param.: In normaler Form, Struktur und Bewegung.

4 Std. Colp.: Kleine Anzahl in normaler Form und Struktur, geringerer Bewegung. Ganz überwiegende Mehrzahl in abnormen Flaschen- und Kugelformen, höckerige Konturen, Vakuole hervortretend, geringe oder ohne Bewegung. Viele in körniger Kugelform, anscheinend zu Grunde gegangen. Strukturen hell.
Param.: Durchgehend normal!! Schiefsen durch das Gesichtsfeld.

24 St. Param.: } Colp.: } entspricht dem Versuche 3 nach dieser Zeit.

3. 5 ccm.

$2^1/_4$ Std. Colp: Kleiner Teil in lebhafter, meist drehend schwimmender Bewegung, Mehrzahl in geringer, meist örtlich beschränkter Bewegung. Form verschiedener normal; Mehrzahl verändert in Flaschen-, Kugelform, meist mit sehr unregelmäfsigen, höckerigen Konturen. Mehrzahl mit kleinerer oder gröfserer Vakuole. Struktur hell.

4 St. Param.: } Vort.: } Normal, auch in Bewegung.
Colp.: } Param.: } Wie in Versuch 2.

24 St. Param.: Durchgehend normal in Form, Struktur und Bewegung!
Colp.: Eine in V. sehr kleine Anzahl ist normaler Form und Struktur; eine grofse Anzahl bewegt sich verschieden in veränderter Form, kugelflaschenförmig, gröfsere oder kleinere Vakuole, sehr viele mit höckerigen Konturen. Der gröfsere Teil ist formlos zerfallen. Vort.: Verschiedene Exemplare, normal.

5. 20 ccm:

2 Std. Colp.: Kleine Anzahl in lebhafterer, Mehrzahl in sehr geringer Bewegung. Form meist abnorm, kugel- bis flaschenförmig, mit höckerigem Kontur, helle Struktur, Vakuole.

24 St. Param.: Durchgehend vollkommen normal!

Colp.: Sehr kleiner Teil in normaler Form und Struktur. Grofse Anzahl in sehr abnormen Flaschen- und Kugelformen, viele gleichmäfsig verbreitert und verkürzt, häufig sehr vergröfsert, mit kleinerer oder gröfserer Vakuole (sehr grofse Kugel mit desgleichen Vakuole sehr häufig), in geringer Bewegung. Mehrzahl formlos zerfallen.

5. 30 ccm:

18 St. Param.: Durchgehend normal.

Colp.: Sehr kleiner Teil in normaler Form und Struktur, in geringer Bewegung. Gröfsere Anzahl in abnormen Flaschen- und Kugelformen mit gröfserer oder kleinerer Vakuole, einzelne mit höckerigen Konturen und langsam schwimmender oder drehender, rollender Bewegung.

6. 5 ccm:

18 Std. Colp: Eine sehr kleine Anzahl in normaler Form und Struktur in geringer Bewegung. Überwiegend durchgehend formlos zerfallen.

Die Menge von 300 mg $CaCl_2$ im Liter kann in Anbetracht der im Wasser vorkommenden Ca-Mengen nicht als eine grofse Quantität hinsichtlich der Ca-Jonen bezeichnet werden. Hieraus darf gefolgert werden, dafs nicht die Ca-Jonen als solche das schädliche sind, sondern die nicht dissociierte Verbindung $CaCl_2$. Diese Thatsache ist von prinzipieller Bedeutung und wird bekräftigt durch eine Reihe von Beobachtungen, welche ich mit anderen Ca-Salzen angestellt habe. Ferner scheint mir aus der intensiven Wirkung der sehr verdünnten $CaCl_2$ Lösung hervorzugehen, dafs es sich um die Folgen chemischer und nicht physikalischer Beeinflussungen des Protoplasmas handle. Selbst eine Lösung, welche nur 0,015 $CaCl_2$ enthält, erweist sich als unzweifelhaft schädlich.

0,3 proz. NaCl-
0,015 „ $CaCl_2$- } **Lösung.**

Paramäcium caudatum.

Teilweise normal erhalten. Bewegung lebhaft oder geringer. Leiber vielfach dunkler, fein gekörnt. Verschiedene quellend, verschiedene körnig zerfallend. Bis 50 Stunden 16 Präparate.

Colpidium Colpoda.

Bis 2 Minuten Bewegung normal.

3—5 Minuten: Bewegung meist verlangsamt, vielfach unter Zerrung des Leibes um die eigene Achse drehend. Viele in der hinteren Partie fein gekörnt. (5 Präp.)

10—30 Minuten: Verschiedene in lebhafter, Mehrzahl in verlangsamter, drehender Bewegung. Form normal, Leiber gestreift, dunkler gekörnt, viele mit seitlich heraustretender, hell und scharf abgesetzter Vakuole. (15 Präp.)

45—60 Minuten: Einzelne in normaler Form mit lebhafter oder geringerer Bewegung. Überwiegende Mehrzahl verändert, meist in Flaschenform. verschiedene kugelig. Leiber dunkel gekörnt, geschrumpft mit etwas höckerigen Konturen, meist mit vergröfserter, central oder peripher gelegener Vakuole, in geringer, vielfach ohne Bewegung. (8 Präp.)

2 Stunden: Kleine Anzahl in normaler Form mit lebhafter oder geringerer Bewegung. Überwiegende Mehrzahl in veränderter Flaschen-, meist Kugelform, vielfach mit grofser Vakuole rollend. Verschiedene in Kugelform grobkörnig zerfallend. (4 Präp.)

4—7 Stunden: Kleine Anzahl in normaler Form und lebhafter oder geringerer Bewegung. Verschiedene in hellerer Flaschenform mehr normal, Anzahl in körniger vergröfserter Kugelform rollend. Mehrzahl körnig zerfallen. (8 Präp.)

18—52 Stunden: Die Überlebenden meist in lebhafter Bewegung. Leiber hell und durchscheinend, meist mit eingelagerten hellen Bläschen. Verschiedene in grofser, rollender Kugelform mit Vakuole. Sehr viel körnige, formlose Zerfallsprodukte. (15 Präp.)

Vorticella < microstoma / nebulifera.

Bleibt durchgehend unverändert. Von 2—44 Stunden 22 Präparate.

Euplotes charon / Amphileptus carchesii } unverändert.

Die vorstehenden Befunde erhärten die Behauptung betreffs der Schädlichkeit der $CaCl_2$-Lösung. Es sei wiederholt darauf hingewiesen, dafs Paramäcium und Colpoda recht deutlich verschieden reagieren. Da ich die Wirkung der $CaCl_2$-Lösung (und damit auch die der anderen) auf chemische Ursachen zurückführe, schliefse ich auf einen Unterschied im chemischen Aufbau des Protoplasmas der beiden Protistenarten.

Einwirkung von $CaSO_4$-Lösung.

Gips ist ein häufiger Bestandteil des Wassers und in der Einleitung wurde über das Vorkommen von Protisten in stark gips-

haltigem Wasser warmer Quellen berichtet. Ich habe zunächst Versuche angestellt mit einer gesättigten $CaSO_4$-Lösung in 0,3 proz. Na Cl-Lösung. Dabei fand ich selbst nach 24 Stunden ausschliefslich normale Paramäcien, Colpodae, Vorticellen und Euplotes, sowohl was die Funktion, als auch was die Form betrifft. Hierdurch wird der Beweis geliefert, dafs in Ca in passender Verbindung, wie zu erwarten stand, unschädlich ist. Sodann versuchte ich die Wirkung einer mit $CaSO_4$ gesättigten 0,6 proz. Na Cl-Lösung. Diese erwies sich aber als von genau gleicher Wirkung wie diejenige einer reinen 0,6proz. NaCl-Lösung; nach 15 Stunden waren Paramäcium und Colpidium durchgehend zerfallen; Vorticellen hingegen blieben mehrfach normal. Eine »Entgiftung« im Loebschen Sinne hatte also $CaSO_4$ nicht herbeiführen können. Diese Entgiftung hat Loeb auf die Ca-Jonen zurückgeführt; das Ausbleiben derselben kann deshalb als ein weiterer Anhaltspunkt dafür verwertet werden, dafs in meinen Versuchen die Jonenwirkung nicht in Frage kommt.

Einwirkung von $CaCO_3$-Lösung.

Die benutzte 0,02proz. $CaCO_3$-Lösung stellte ich mir dar in einer 0,3proz. NaCl-Lösung, welche ich mit CO_2 sättigte. Das hiesige Berner Wasser enthält ziemlich viel kohlensauren Kalk; es stand daher zu erwarten, dafs diese Lösung günstig sein werde. Nachfolgendes Resumé bringt hierfür den Beleg. Es gelang in dieser Lösung geradezu Reinkulturen zu erhalten.

0,3 proz. NaCl-
0,02 „ $CaCO_3$- } Lösung.

Paramäcium caudatum.

Durchgehend in normaler Form. Leiber teils normal hell, teils etwas dunkler, fein gekörnt. Bewegung meist lebhaft, vielfach etwas verlangsamt. 5 Präparate 48 Stunden lang beobachtet.

Colpidium Colpoda.

Fast durchgehend in normaler Form, hell durchsichtiger, normaler Struktur und lebhafter oder geringerer Bewegung. Einzelne vergröfsert, in Kugelform mit grofser Vakuole rollend. Verschiedene Präparate machen den Eindruck von Kulturen. 9 Präparate 44 Stunden lang beobachtet.

Vorticella microstoma » nebulifera Euplotes charon	bleiben normal erhalten.

Einwirkung von $Ca(NO_3)_2$-Lösung.

Ein Ca-Salz, welches sich sowohl durch grofse Löslichkeit auszeichnet, als auch ein im Haushalte der Natur vorkommendes ist, besonders unter Bedingungen, welche auch der Existenz von Protisten günstig sind, ist das Calciumnitrat. Ich habe 0,182% und 1,82% $Ca(NO_3)_2$-Lösung angewandt und gebe nachfolgend die Übersicht meiner Versuche.

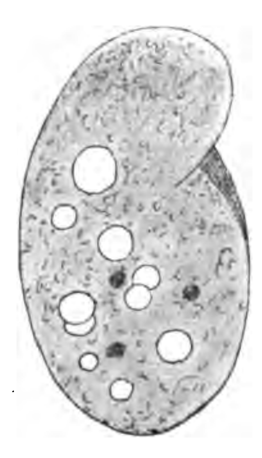


Fig. 5.
Colpidium Colpoda.
Form: Normal restituiert.
Struktur: Fein gekörnt, aufgehellt, ohne die normale Durchsichtigkeit. Eingelagerte helle Bläschen.
Bewegung: Normal.
(24 Std. in 0,182 $Ca(NO_3)_2$.)

0,8 proz. NaCl- 0,182 „ $Ca(NO_3)_2$-	Lösung.

Paramäcium Aurelia.

Bleibt ziemlich durchgehend erhalten. Wenige Exemplare gehen durch Quellung zu Grunde. Bis zu 52 Stunden Dauer wurden 22 Präparate beobachtet.

Colpidium Colpoda.

15 Minuten: Bewegung wenig verlangsamt, gerade schwimmend. Form normal; Struktur wenig dunkler, mit sehr kleiner peripher gelegener Vakuole. (3 Präp.)

30 Minuten: Bewegung meist auf das äufserste verlangsamt; Form durchgehend im hinteren Ende flaschenförmig verbreitert; Leiber dunkler, viele etwas geschrumpft, durchgehend mit oft etwas vergröfserter Vakuole. (2 Präp.)

60 Minuten: Durchgehend geringe Bewegung. Form im hinteren Ende verbreitert, verschiedene mit etwas vergröfserter Vakuole. Durchgehende Schrumpfung mit höckerigen Konturen. (5 Präp.)

2 Stunden: Bewegung gering, aber lebhafter als vorher, meist örtlich beschränkt; verschiedene in normal rascher Bewegung. Form mehr restituiert, wenig breiter. Keine Schrumpfung, Konturen normal, Struktur aufgehellt. (3 Präp.)

3—48 Stunden: Ziemlich durchgehend in normaler Form, aufgehellter Struktur, ohne die normale Durchsichtigkeit zu erreichen. Viele mit eingelagerten, kleinsten hellen Bläschen, verschiedene mit kleiner, hervortretender Vakuole. Bewegung lebhaft, meist geringer. — Einzelne in dunkler, vergröfserter Kugelform mit sehr grofser Vakuole rollend oder ohne Bewegung, einzelne körnig zerfallen. (11 Präp.)

Vorticella microstoma.

Nach 52 Stunden normal erhalten. Bis dahin in 8 Präparaten.

Euplotes charon
Amphileptus carchesii } normal.

0,3 proz. Na Cl-
1,82 „ $Ca(NO_3)_2$- } Lösung.

Nach einer Stunde fand sich kein lebendes Wesen. Paramäcium, Colpoda, Vorticellen zu Grunde gegangen.

Die weniger konzentrierte Lösung erwies sich gegenüber Paramäcium, Vorticellen und Euplotes ganz unschädlich; Colpidium Colpoda zeigte, wie schon wiederholt, wesentliche Unterschiede gegenüber Paramäcium; denn innerhalb der 15. bis zur 60. Minute nahm die Bewegungsfähigkeit mehr und mehr ab. Hand in Hand damit ging die beschriebene Veränderung in der Struktur einher. Aber in der 2. Stunde trat eine Restitution ein, welche damit endete, daſs schlieſslich fast alle Exemplare sich normal verhielten. Bedenkt man, daſs in dieser Lösung der Ca-Gehalt ein gröſserer ist als in den früher beschriebenen Ca-haltigen Lösungen, so ist dies Ergebnis ein sehr bemerkenswertes, welches sehr dafür spricht, daſs in unserem Falle keine Wirkung der Ca-Jonen vorliegt. Vielmehr scheint hier ein sehr eigenartiges Beispiel einer chemischen Anpassung an das Calciumnitrat gegeben zu sein, einem Salze, mit welchem das Protoplasma der Protisten unter biologischen Bedingungen häufige Beziehungen hat. Im Lichte dieser Anschauungsweise ist die Restitution der Colpode besonders bemerkenswert. Das Anpassungsvermögen hat seine Grenzen, wie die Resultate mit der konzentrierten Lösung lehren.

Einwirkung von Kalium- und Natriumnitratlösung.

Die günstigen Erfahrungen mit einem Nitrat forderten dazu auf, andere Nitrate zu untersuchen, insbesondere diejenigen, welche K- und Na-Jonen enthalten, um neue Vergleiche mit Rücksicht auf diese anzustellen. Ich lasse zunächst die Übersicht der Ergebnisse folgen.

1,036 proz. KNO_3-Lösung.

Paramäcium caudatum:

15 Minuten: Bewegung sehr verringert, Mehrzahl örtlich drehend oder kreisend. Einzelne nur mit lebhafter Flimmerung, einzelne ohne Bewegung mit verlängerten, seitlich abstehenden Flimmerhaaren. Leiber dunkel gekörnt, viele mit verschiedentlich austretenden hellen Bläschen, einzelne in abnormen Formen gequollen. (2 Präp.)

30 Minuten: Kleinere Anzahl in geringer Bewegung, einzelne nur lebhaft flimmernd. Sehr viele in normaler Form ohne Bewegung. Leiber dunkel gekörnt, vielfach mit Bläschenaustritt. Mehrzahl in abnormen Formen gequollen, häufig von hellen Höfen umgeben. (3 Präp.)

60 Minuten: Einzelne in normaler Form, heller oder dunkler gekörnt, in geringer Bewegung, mit Flimmerung oder ohne Bewegung. Überwiegende Mehrzahl in allerlei abnormen Formen wie oben gequollen. (3 Präp.)

2 Stunden: Durchgehend zu Grunde gegangen. Bis zu 19 Stunden Beobachtung von 4 Präparaten.

Colpidium Colpoda.

Momentan geänderte, lebhaft kreisende Bewegung; hervortretende Streifung.

3—6 Minuten: Bewegung allgemein verlangsamt. Leiber gestreift, hell; dunkle Körner im hinteren Ende auftretend.

10—20 Minuten: Allgemein geringe Bewegung. Form normal, körnige Einlagerungen und sehr kleine, helle Bläschen in der hinteren Leibespartie. (3 Präp.)

30—45 Minuten: Überwiegende Mehrzahl in normaler Form und geringer, einzelne in lebhafterer Bewegung. Einzelne in Kugelform, einzelne zerfallend. (4 Präp.)

60—90 Minuten: Mehrzahl in Bewegung, Leiber vielfach im hinteren Ende verbreitert, fein gekörnt. Sehr viele in vergröfserter Kugelform, meist ohne Bewegung. Einzelne mit ausgetretenen Bläschen, verschiedene körnig zerfallen. (4 Präp.)

2—3 Stunden: Überwiegende Mehrzahl zerfallen. Vereinzelte meist in Kugelform in geringer Bewegung. In einigen (3) Präparaten nach 3 Stunden durchgehend zerfallen. (10 Präp.)

Vorticella nebulifera:

Nach wenigen Minuten ist bei lebhafter Vermehrung der Kontraktionsbewegungen eine Schrumpfung der Leiber wahrnehmbar; Konturen höckerig. Nach einer Stunde haben alle Kugelform angenommen. Geringgradige, örtliche Bewegungen nur bei starker Vergröfserung erkennbar; Protoplasma ungleichmäfsig heller und dunkler differenziert. Derselbe Befund nach 24 Stunden. Die Mehrzahl ist spurlos zerfallen.

Vorticella microstoma:

Weniger empfindlich als nebulifera. Ohne gröbere Veränderungen einzugehen noch nach 24 Stunden in der Regel in normaler Form und Struktur, meist mit pendelnden, schwimmenden und Kontraktionsbewegungen.

0,518 proz. KNO_3-Lösung.

Paramäcium caudatum.

1 Minute: Unverändert.

2—5 Minuten: Meist verlangsamte Bewegung. Viele im Kreise oder örtlich um die eigene Achse lebhaft drehend. Form normal, Leiber hell und durchscheinend, viele fein gekörnt. Verschiedene mit 2 vergröfserten hervortretenden Vakuolen.

10—20 Minuten: Mehrzahl in verlangsamter schwimmender Bewegung, verschiedene nur lebhaft flimmernd, einzelne ohne Bewegung mit ausgestreckten, stillstehenden Flimmerhaaren. Form verkürzt und verbreitert, Leiber durchgehend dunkel, viele mit zwei undeutlich abgesetzten Vakuolen. Verschiedene mit austretenden Bläschen, welche entweder hell sind, oder mit körnigen Massen gefüllt werden, die sich aus der Leibessubstanz in dieselben entleeren.

30—50 Minuten: Überwiegende Mehrzahl ohne Bewegung, quellend, meist mit ausgetretenen Bläschen, in welche sich verschiedentlich körniges Protoplasma entleert hat. Einzelne Leiber platzen plötzlich, wobei sich das körnige Protoplasma formlos in die Umgebung auflöst. Einzelne in erhaltener Form und Struktur wie oben, ohne Bewegung; einzelne langsam schwimmend.

1 Stunde: Durchgehend ohne Bewegung. Vereinzelte in erhaltener Form und dunkelkörniger Struktur, mit ausgestreckten Flimmerhaaren; sonst in abnormen Formen hellkörnig gequollen, vielfach mit ausgetretenen, körnig gefüllten Bläschen.

Nach dieser Zeit durchgehend hellkörnig gequollen, viele mit körnig gefüllten oder durchsichtigen, hellen Bläschen. Bis 24 Stunden Beobachtung von 9 Präparaten.

Colpidium Colpoda.

Momentan veränderte, im Kreise drehende Bewegung.

2—5 Minuten: Bewegung durchgehend sehr verlangsamt, hervortretende Streifung. (4 Präp.)

10—20 Minuten: Bewegung sehr gering. Form im hinteren Ende verbreitert. Leiber dunkler gekörnt, viele mit hervortretender Vakuole. (8 Präp.)

30—60 Minuten Teilweise in geringer, teilweise ohne Bewegung. Verschiedene in Flaschen-, die meisten in Kugelform, vergröfsert, häufig mit grofser Vakuole. Keine normalen. (8 Präp.)

2—8 Stunden: Teilweise körnig zerfallen. Verschiedene in grofser Kugelform, meist mit grofser Vakuole, rollend, Anzahl in körniger Flaschenform, heller geworden. Sehr viele zu normaler Form zurückgekehrt, hell, in lebhafter oder geringerer Bewegung. (11 Präp.)

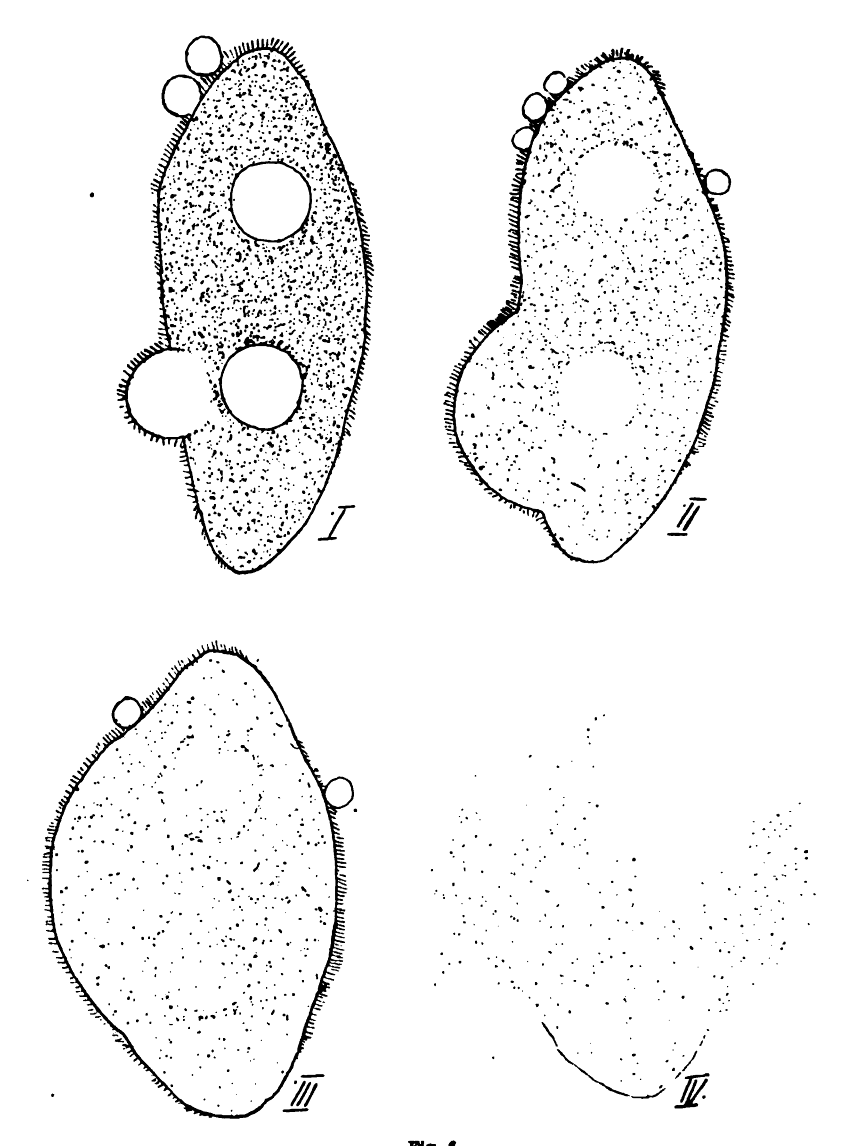


Fig. 6.

Paramäcium. Einwirkung von 0,518% Kaliumnitrat.

I = Austretende, helle Bläschen. 2 scharf abgesetzte Vakuolen, Flimmerhaare deutlich. (5 Minuten.)

II = Plötzliche Entleerung des Leibesprotoplasmas in ein ausgetretenes Bläschen. Formveränderung. Flimmerhaare rings sichtbar, Vakuolen verschwimmend. (15 Minuten.)

III = Quellung, abnorme Form. Flimmerhaare sichtbar, Vakuolen verschwommen. (30 Min.)

IV = Formlose Auflösung des Protoplasmas in die Umgebung.

18—42 Stunden: Viel körnige, formlose Zerfallsprodukte. Einzelne in Kugelform rollend. Sehr zahlreiche in normaler Form, Leiber hell und durchsichtig, meist mit eingelagerten, kleinen hellen Bläschen, feingestreift; in geringer oder lebhafter Bewegung. (12 Präp.)

Vorticella microstoma.

Bleibt ziemlich durchgehend erhalten. Form entweder normal mit schwimmenden und Kontraktionsbewegungen, oder kugelförmig, häufig ohne sichtbaren Stiel, mit normal heller Struktur, ohne Bewegungen. Einzelne gehen durch Quellung zu Grunde. Austretende Bläschen am Mundende, in welche sich körniges Protoplasma entleert (selten). Bis 24 Stunden Beobachtung von 12 Präparaten.

Vorticella nebulifera.

Nach 2 Stunden normal in Form, Struktur und Bewegung.

0,436 proz. $NaNO_3$-Lösung.

Paramäcium Aurelia.

Die Versuche gestalteten sich in dieser Lösung nicht einheitlich, indem Versuchstiere aus verschiedenen Kulturen sich verschieden verhielten. Es stehen sich im wesentlichen zwei entgegengesetzte Resultate gegenüber:

Kultur a):

Es gehen bis zu 30 Stunden nur sehr spärliche Exemplare durch helle Quellung zu Grunde, die übrigen bleiben durchgehend in Form, Struktur und Bewegung normal erhalten.

Präparate mit positiven Ergebnissen:

2	Minuten	1 Präp.	2	Stunden	1 Präp.
5	»	1 »	3	»	1 »
15	»	1 »	8	»	3 »
30	»	4 »	24	»	3 »
60	»	3 »	30	»	1 »

Im ganzen 19 Präparate.

Kultur b):

Momentan lebhaft um die Achse rollende Bewegung.

5 Minuten: Einzelne lebhaft rollend, meist in verlangsamter Bewegung. Leiber fein gekörnt, dunkler, viele mit 2 kleineren, hervortretenden Vakuolen. (6 Präp.)

10 Minuten: Teilweise in langsam schwimmender, teilweise in sehr geringer örtlicher oder ohne Bewegung. Form normal, Struktur wie vorher. (3 Präp.)

15 Minuten: Kleine Anzahl in langsam schwimmender Bewegung, Mehrzahl bewegungslos. Form und Struktur wie vorher, erhalten. Einzelne mit ausgetretenen Bläschen, quellend. (3 Präp.)

30—60 Minuten: Einzelne in geringer Bewegung. Form und Struktur teilweise erhalten, wie vorher. Verschiedene mit austretenden Bläschen, welche mit körnigem Protoplasma gefüllt sind. Die Vergröfserung dieser Bläschen nimmt allmählich zu, bis sich das ganze Leibesprotoplasma in ein solches entleert hat. Das Ganze hat sich dann in Kugelform verwandelt. (6 Präp.)

2 Stunden: Die letzten vereinzelten Exemplare in normaler Form, Leiber dunkler, fein gekörnt, mit 2 hervortretenden Vakuolen, in sehr geringer oder ohne Bewegung. Die übrigen in kugeligen, hellkörnigen Haufen. (6 Präp.)

Nach dieser Zeit durchgehend in rundlichen Haufen gequollen, ohne zu zerfallen. Bis zu 24 Stunden 13 Präparate. Nach dieser Zeit sind die Exemplare haufenweise noch makroskopisch als helle weifse Punkte am Boden der Schälchen zu erkennen.

Colpidium Colpoda.

Auch hier sind die Resultate der Versuche aus verschiedenen Kulturen nicht übereinstimmend.

Kultur a:

15 Minuten: Normal.

30 Minuten: Mehrzahl in verlangsamter Bewegung. Leiber meist fein gekörnt, im hinteren Ende etwas verbreitert.

60 Minuten: Einzelne in lebhafter, Mehrzahl in geringer oder ohne Bewegung. Leiber fast durchgehend in dunkel gekörnter Flaschenform, viele mit gröfserer Vakuole; verschiedene zeigen etwas höckerige Konturen.

2—4 Stunden: Verschiedene in lebhafter, meist in geringer Bewegung. Viele in normaler Form, fein gekörnt, überwiegende Mehrzahl in dunkelkörniger Flaschen-, verschiedene in vergröfserter Kugelform. Einzelne mit höckerigen Konturen.

6—8 Stunden; Gröfsere Anzahl in normaler Form und Bewegung. Verschiedene in dunkel gekörnter Flaschenform, einzelne in grofser Kugelform rollend.

18—24 Stunden: Durchgehend in vollkommen normaler Form und Bewegung. Leiber hell und durchscheinend, meist mit eingelagerten, kleinsten hellen Bläschen. (6 Präp.)

Kultur b:

Momentan lebhaft normale Bewegung.

2 Minuten: Bewegung verlangsamt, meist drehend-schwimmend. Form und Struktur normal.

5 Minuten: Bewegung meist auf das äufserste beschränkt. Verschiedene mit kleinster Vakuole. Struktur hell, Protoplasma vielfach gefaltet, verzogen. (7 Präp.)

10 Minuten: Bewegung durchgehend lebhafter als vorher. Die meisten in langsam drehend-schwimmender, verschiedene in lebhafter Bewegung. Sehr viele mit kleiner Vakuole. (5 Präp.)

15—60 Minuten: Die verschiedenen Präparate weichen etwas voneinander ab. Bald mäfsige, bald sehr geringe Bewegungen. Verschiedene Formveränderungen. Verschiedene zu Grunde gehend. (37 Präp.)

2—24 Stunden: Mehrzahl oder Minderzahl erhalten. Formen meist verbreitert verkürzt; geringe oder lebhaft schwimmende Bewegung. Struktur hell, ohne die normale Durchsichtigkeit. Grofser oder kleinerer Teil zu Grunde gehend. (21 Präp.)

Kultur c:

Bis zu 2 Stunden etwa wie vorher. Mehrzahl zerfallen.

3—24 Stunden: Entweder durchgehend spurlos zerfallen, oder es haben sich ganz vereinzelte Exemplare in normaler oder verbreiterter oder Flaschen-, bis Kugelform erhalten. (22 Präp.)

Im ganzen 106 Präparate von Colpidium Colpoda.

0,872 proz. $NaNO_3$-Lösung.

Paramäcium caudatum.

5 Minuten: Normal.

10 Minuten: Überwiegende Mehrzahl in verlangsamter Bewegung. Form und Struktur normal, einzelne mit grofsen Vakuolen. Einzelne gleichmäfsig dunkler, fein gekörnt, ohne Bewegung. (3 Präp.)

20—30 Minuten: Mehrzahl in sehr verlangsamter, schwimmender Bewegung. Form normal, Leiber fein gekörnt, viele mit hervortretenden 2 Vakuolen. Verschiedene in normaler Form und dunkler Struktur ohne Bewegung. Anzahl etwas vergröfsert, hell gequollen. (3 Präp.)

60 Minuten: Die letzten vereinzelten Exemplare mit geringer Ortsbewegung. Mehrzahl in normaler Form und dunkel fein gekörnter Struktur, verschiedene hell gequollen. (3 Präp.)

90 Minuten: Einzelne in erhaltener Form und dunkel gekörnter Struktur, sonst durchgehend etwas verbreitert hell gequollen. (3 Präp.)

Nach dieser Zeit durchgehend gequollen, sehr vergröfsert, vielfach mit grofsen hellen Höfen umgeben. Formen mehr oder weniger abnorm. Bis 24 Stunden wurden 9 Präparate beobachtet.

Paramäcium caudatum aus einer anderen Kultur.

30 Minuten: Mindestens die Hälfte unversehrt in Form und Bewegung. Die übrigen in normaler Form gequollen, einzelne mit Bläschenaustritt.

60 Minuten: Teilweise unverändert in Form und Struktur, in verlangsamter Bewegung. Der gröfsere Teil gequollen. Vielfach ausgetretene Bläschen. (3 Präp.)

2—6 Stunden: Verschiedene in normaler Form und Bewegung, verschiedene dunkel fein gekörnt mit 2 abgesetzten Vakuolen mit geringer oder ohne Bewegung. Überwiegende Mehrzahl mit meist scharfen Konturen hell gequollen. (4 Präp.)

17—23 Stunden: Verschiedene vollständig normal in Form und Bewegung, verschiedene in geringer Bewegung, einzelne nur mit Flimmerung. Mehrzahl in allerlei abnormen Formen gequollen und partiell aufgelöst. (6 Präp.)

Colpidium Colpoda.

Momentan veränderte, meist im Kreise drehende Bewegung.

2—3 Minuten: Bewegung sehr verlangsamt oder aufgehoben.

4—5 Minuten: Mehrzahl ohne Bewegung.

7—8 Minuten: Mehrzahl wieder in Bewegung. Form und Struktur normal.

15—30 Minuten: Mehrzahl in geringer Bewegung, einzelne in lebhaft drehendschwimmender. Leiber vielfach fein gekörnt, dunkler, im hinteren Ende verbreitert. Viele kugelförmig, verschiedene zerfallen. (4 Präp.)

1—2 Stunden: Verschiedene in dunkel gekörnter Flaschenform, einzelne mehr normal, in lebhafterer oder geringerer Bewegung. Grofse Mehrzahl körnig zerfallen. (8 Präp.)

3—4 Stunden: Vereinzelte in Flaschenform, dunkel gekörnt, in mäfsiger oder ohne Bewegung. Ausgetretene, grofse helle Bläschen. Sonst durchgehend körnig zerfallen. (9 Präp.)

Nach dieser Zeit durchgehend formlos zerfallen. Es sind nur die körnigen Zerfallsprodukte haufenweise sichtbar. Bis 24 Stunden Beobachtung von 15 Präparaten.

Vorticella microstoma.

Nach 24 Stunden in normaler Form und Struktur erhalten. Flimmernde, pendelnde, schwimmende und Kontraktionsbewegungen häufig. Beobachtung von 24 Präparaten.

Die Resultate der Kaliumnitratversuche sind eindeutig und ist ihnen nur wenig hinzuzufügen. Vor allem sei auf den sehr grofsen Unterschied der beiden so nahestehenden Vorticellenarten hingewiesen. Auch Paramäcium und Colpidium zeigen einen sehr auffallenden Unterschied, indem sich Colpidium bei der verdünnteren KNO_3-Lösung wesentlich resistenter als Paramäcium verhält. Das schon früher beobachtete, als K-Wirkung aufgefafste morphologische Verhalten ist auch hier wieder erkennbar. Eine Abnahme der K-Giftwirkung durch die Verbindung mit NO_3-Anionen ist nicht zu konstatieren.

Bei Anwendung der Natriumnitratlösung begegnete ich zum ersten Male der sehr wichtigen Thatsache, dafs die Protisten ganz anders reagierten je nach der Kultur, aus welcher sie entstammten. Obwohl ich mein Augenmerk diesem Punkte beständig zugewandt habe, konnte ich vorher nichts Bestimmtes in dieser Hinsicht wahrnehmen. Aus den vorliegenden Versuchen ergibt sich aber unzweifelhaft, dafs es sowohl Paramäcium-, sowie Colpidiumarten gibt, welchen selbst relativ konzentrierte $NaNO_3$-Lösungen zuträglich sind. Äquimolekulare NaCl-Lösungen sind

bei diesen Protisten eher etwas schädlicher. Es offenbart sich auch in dem chemischen Verhalten dieser Lebewesen, daſs sie an der Grenze von Pflanze und Tier ihre Stellung haben! Die Schwäche gegenüber K entspricht ihrer Zugehörigkeit zum Tierreich, die Widerstandsfähigkeit gegenüber NO_3 spiegelt die Verwandtschaft mit dem Pflanzenreiche wieder. Ob in dieser Richtung die Erklärung für die unbestreitbare Thatsache liegt, daſs die Protisten gewisser Kulturen in den Nitratlösungen zu Grunde gehen können, dafür fehlen die thatsächlichen Unterlagen.

Ich schlieſse noch das Ergebnis einer Reihe von Versuchen mit $MgSO_4$ an, welche lehren, daſs in der gewählten Konzentration dieses auch in der Norm den Protisten nicht fremde Salz ungiftig ist.

0,8 proz. NaCl-
0,246 „ $MgSO_4$- } **Lösung.**

Paramäcium caudatum.

1—21 Stunden: Ziemlich durchgehend in lebhafter oder geringerer Bewegung. Form normal, Struktur gleichmäſsig, trüber als normal, sehr fein gekörnt. Einzelne hellkörnig zu Grunde gegangen, Form erhalten. (8 Präp.)

Colpidium Colpoda.

Durchgehend in lebhafter oder geringerer Bewegung. Form normal, Struktur gleichmäſsig hell, ohne die normale Durchsichtigkeit. Vereinzelte körnig zu Grunde gegangen. Von 15 Minuten bis 22 Stunden 12 Präparate.

Vorticella
Amphileptus carchesii } **normal erhalten.**

Einwirkung von Na_2HPO_4-Lösung.

Phosphate dürften öfters in dem Kulturwasser der Protisten vorkommen, weshalb ich einige Versuche mit dem neutral reagierenden Na_2HPO_4 angestellt habe. Beide Lösungen, sowohl die 0,716 proz., als auch die zu 0,358 % erwiesen sich giftig, schätzungsweise etwa von derselben Giftigkeit wie eine 0,6 proz. NaCl-Lösung. Aber auch diese Lösung zeigte ihre Besonderheiten. Die eine bestand darin, daſs Vorticellen und vor allem auch Euplotes unverhältnismäſsig stark litten. Die andere bestand in der verhältnismäſsig geringen morphologischen Veränderung bei starker Funktionsstörung. Das Endstadium war zwar ein vollständiger

Zerfall, aber der Übergang war ein allmählicher und lange Zeit konnten bewegungslose Protisten bei ziemlich erhaltener Struktur beobachtet werden. Die Art und Weise, wie durch eine Substanz lebendiges Protoplasma geschädigt wird, kann als auf spezifischer chemischer Wirkung beruhend angenommen werden, zumal wenn morphologische Besonderheiten nachweisbar sind.

0,3 proz. $NaCl$-
0,716 „ Na_2HPO_4- } **Lösung.**

Paramäcium caudatum.

5 Minuten: Form und Struktur normal, Bewegung durchgehend verlangsamt.

10 Minuten: Form und Struktur normal, fein gekörnte Anzahl in meist rotierender Bewegung, einzelne lebhaft flimmernd, Mehrzahl ohne Bewegung.

15 Minuten: Einzelne in geringer rollender, sonst durchgehend ohne Bewegung. Einzelne mit langsam austretenden, hellen Bläschen. (3 Präp.)

30 Minuten: Durchgehend ohne Bewegung. Form normal. Struktur sehr hell, fein gekörnt. Einzelne mit ausgetretenen hellen Bläschen. (3 Präp.)

60 Minuten: Durchgehend hell gequollen, wenig vergröfsert, mit scharfen Konturen. Formen wenig verändert. (3 Präp.)

2—4 Stunden: Durchgehend in abnormen Formen, vergröfsert gequollen. (6 Präp.)

17—20 Stunden: Teilweise formlos zerfallen, teilweise sind die unregelmäfsigen Umrisse der stark gequollenen Leiber noch undeutlich erkennbar. (3 Präp.)

Colpidium Colpoda.

5 Minuten: Durchgehende Bewegung, vielfach lebhaft im Kreise drehend. Form normal, Struktur hell, feingekörnt, in der hinteren Partie oft dunkler. (3 Präp.)

10—15 Minuten: Bewegung verlangsamt, vielfach drehend um die eigene Achse. Form und Struktur wie vorher; viele mit seitlich hervortretender kleiner Vakuole. (7 Präp.)

25—30 Minuten: Einzelne in lebhaft drehender, Mehrzahl in geringer, Anzahl ohne Bewegung. Leiber dunkel gekörnt, im hinteren Ende verbreitert, flaschenförmig, meist mit grofser, central gelegener Vakuole. Verschiedene körnig zerfallend. (5 Präp.)

60 Minuten: Einzelne in normaler Form und Struktur, Anzahl in körniger Flaschenform, vielfach mit grofser Vakuole in Bewegung. Mehrzahl meist in Flaschenform grobkörnig, dunkel zerfallen. (3 Präp.)

2—4 Stunden: Einzelne in normaler oder verbreiterter Form mit körnigen Einlagerungen in Bewegung, die übrigen dunkel grobkörnig zerfallen. (5 Präp.)

17—20 Stunden: Vereinzelte lassen noch undeutliche Konturen erkennen alle zu Grunde gegangen. (3 Präp.)

Vorticella microstoma.

10 Minuten: In normaler Form mit seltenen Bewegungen.

30—60 Minuten: Verschiedene in heller Glocken- und Kugelform; Mehrzahl in Kugelform mit dunklen körnigen Einlagerungen, einzelne gering rollend. Viele körnig zerfallen.

2—20 Stunden: Einzelne in Glocken-, verschiedene in Kugelform mit normal heller Struktur, meist ohne Stiel. Flimmernde und Ortsbewegungen. Mehrzahl zu Grunde gegangen.

Euplotes charon.

5 Minuten: Normal.

10 Minuten: Bewegung meist örtlich mit lebhafter Flimmerung.

15—30 Minuten: Einzelne schwimmend, meist ohne Ortsbewegung mit lebhafter Flimmerung. Viele mit grofser Vakuole.

1—3 Stunden: Einzelne in Form und Bewegung erhalten Mehrzahl hellkörnig gequollen.

17—20 Stunden: Durchgehend meist formlos hell gequollen.

**0,3 proz. NaCl-
0,358 „ Na_2HPO_4- } Lösung.**

Paramäcium caudatum.

15 Minuten: Einzelne etwas verbreitert, in heller Struktur mit grofsen Vakuolen, in geringer örtlich rollender Bewegung, lebhaft flimmernd. Sonst durchgehend normal in Bewegung, Form und Struktur.

30 Minuten: Minderzahl normal. Mehrzahl in verbreiterter Form, vielfach mit 2 Vakuolen, in geringer oder ohne Bewegung. Verschiedene in abnormen Formen hell gequollen. (2 Präp.)

60 Minuten: Verschiedene in normaler Form und heller oder feingekörnter dunkler Struktur, mit oder ohne Bewegung. Überwiegende Mehrzahl verbreitert mit scharfen Konturen hell gequollen. (2 Präp.)

3 Stunden: Kleine Anzahl in normaler Form und Struktur in normaler oder ohne Bewegung mit abstehenden Flimmerhaaren. Die übrigen durchgehend wie vorher gequollen. (3 Präp.)

6 Stunden: Verschwindend einzelne mit mehr erhaltener Form und Struktur, ohne Bewegung. Sonst durchgehend in verbreiterter Form hellkörnig gequollen. (2 Präp.)

Nach dieser Zeit durchgehend in meist abnormen Formen gequollen, dann ohne scharfe Konturen, in unregelmäfsigen Haufen. Bis 24 Stunden 5 Präparate in Beobachtung.

Colpidium Colpoda.

Momentan lebhaft örtlich im Kreise drehende Bewegung, Form normal.

5—15 Minuten: Lebhaft schwimmende, meist verlangsamte, örtlich beschränkte Bewegung wie oben. Form und Struktur normal, viele fein gekörnt. (4 Präp.)

30 Minuten: Leiber dunkler, im hinteren Ende verbreitert, flaschenförmig, viele mit vergröfserter Vakuole. Bewegung verlangsamt, meist drehend-schwimmend oder rollend. (2 Präp.)

60 Minuten: Mehrzahl in dunkel gekörnter Flaschenform mit grofser Vakuole in lebhafterer oder geringerer oder ohne Bewegung. Verschiedene in Kugelform. Sehr viele körnig zerfallen. (2 Präp.)

3 Stunden: Kleine Anzahl in mehr normaler, breiter Form mit aufgehelltem Protoplasma in Bewegung, die übrigen formlos zerfallen.

16—28 Stunden: Kleine Anzahl in normaler, meist etwas breiter Form, mit aufgehellter Struktur, ohne die normale Durchsichtigkeit, in lebhafter oder geringerer Bewegung. Einzelne rollen in grofser Kugelform mit sehr grofser Vakuole. Sonst durchgehend meist formlos körnig zerfallen. (5 Präp.)

Vorticella microstoma.

16—28 Stunden: Grofse Anzahl in normal heller Glocken- und Kugelform, durchscheinend, viele mit eingelagerten kleinsten Bläschen. Normale Bewegungen.

Einzelne in gequollener Kugelform mit ausgetretenen grofsen Bläschen. Mehrzahl scheint zerfallen. (6 Präp.)

Bei weitem am deutlichsten ausgeprägt sind die spezifischen morphologischen Veränderungen durch die Einwirkung von Alkali- und Säure-Lösungen, zu deren Schilderung ich jetzt übergehe.

Einwirkung von Lösungen, welche OH-Jonen enthalten.

Die von mir angewandten Lösungen, welche als durch ihren Gehalt an dissociierten OH-Jonen wirksam erachtet werden, waren Lösungen von Na_2CO_3, K_2CO_3 und KOH. Über die Berechtigung bei den Alkalien von OH-Wirkungen, bei den Säuren von H-Wirkungen zu reden, kann nach den vielen Erfahrungen auf Grund der neueren theoretischen Anschauungen kaum ein Zweifel sein. Damit soll nicht in Abrede gestellt werden, dafs auch den anderen Bestandteilen der Alkalien eine Rolle bei der Wirkung auf das Protoplasma zufällt. Denn thatsächlich macht das K-Jon im K_2CO_3 seinen Einflufs durch gröfsere Giftigkeit gegenüber dem Na_2CO_3 geltend, nur überwiegt im Symptomenbild bei weitem die Hydroxylwirkung. Ich gebe zunächst die Übersicht über die Ergebnisse mit den beiden Na_2CO_3- und K_2CO_3-Lösungen.

0,8 proz. NaCl- } Lösung.
0,106 „ Na_2CO_3- }

Paramäcium caudatum.

Momentan lebhaft örtlich rollende Bewegung um die eigene Achse. Form verbreitert und verkürzt, fein dunkler gekörnt, viele mit 2 hervortretenden Vakuolen. (5 Präp.)

1 Minute: Verschiedene mit verringerter, Mehrzahl ohne Bewegung. Einzelne entleeren ihr Protoplasma körnig in die Umgebung, sich spurlos auflösend. (5 Präp.)

3 Minuten: Einzelne in geringer Bewegung, grofse Anzahl körnig in die Umgebung aufgelöst. (7 Präp.)

5 Minuten: Keine Bewegungen, verschiedene in Form und Struktur wie vorher, Mehrzahl formlos aufgelöst. (5 Präp.)

10 Minuten: Die letzten in Form erhaltenen Exemplare sich auflösend. (5 Präp.)

Nach dieser Zeit keine Form mehr. Bis 20 Minuten 7 Präparate in Beobachtung.

Colpidium Colpoda.

Momentan verlangsamte, meist örtlich drehende Bewegung.

1 Minute: Mehrzahl ohne Bewegung, verschiedene entleeren ihr Protoplasma feinkörnig von einer Stelle aus in die Umgebung, sich spurlos auflösend. (5 Präp.)

3 Minuten: Einzelne in drehend schwimmender Bewegung, verschiedene in normaler Form und Struktur ohne Bewegung; Mehrzahl in Auflösung begriffen. (5 Präp.)

5 Minuten: Vereinzelte in Bewegung, kleine Anzahl in normaler, etwas gequollener Form und Struktur. (5 Präp.)

10 Minuten: Keine Bewegung. Einzelne in normaler Form, verschiedene gequollen, überwiegend zerfallen. (5 Präp.)

25 Minuten: Vereinzelt gequollene Exemplare mit ungefähren Konturen noch erkennbar, sonst durchgehend spurlos zerfallen. (11 Präp.)

Nach dieser Zeit keine Konturen mehr erkennbar. Bis 18 Stunden 10 Präparate in Beobachtung.

Vorticella microstoma.

2—4 Minuten: Durchgehend in Glockenform mit normal heller Struktur, sehr viele lebhaft schwimmend, vielfach mit eingezogenem Stiel. (11 Präp.)

6—8 Minuten: Einzelne schwimmend, verschiedene lebhaft flimmernd, einzelne in Cylinderform in lebhafter Bewegung. Mehrzahl ohne Bewegung, fein gekörnt, in normaler Form mit abstehenden Flimmerhaaren, etwas gequollen. (6 Präp.)

10—15 Minuten: Vereinzelte in Cylinderform in geringer Bewegung, sonst durchgehend in Glocken- und Kugelform wie vorher, ohne Bewegung, wenig gequollen. (6 Präp.)

30—60 Minuten: Fast durchgehend in normaler Form wie vorher, etwas gequollen, mit ausgetretenen verschieden grofsen hellen Bläschen am Mundende, bis zum doppelten Leibesvolumen. Verschiedentlich entleert sich in diese Bläschen feinkörniges Protoplasma aus dem Körperinnern.

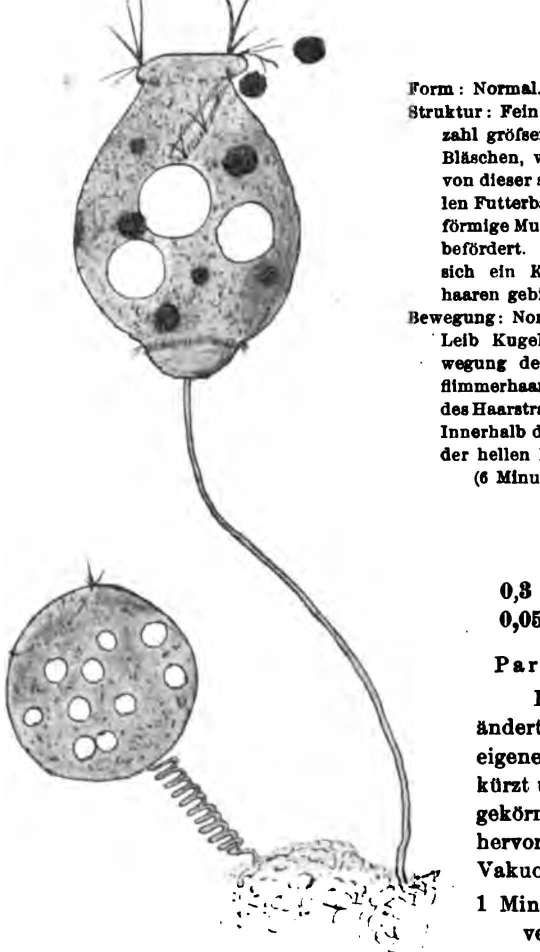


Fig. 7.

Vorticella.

Form: Normal.

Struktur: Fein gekörnt, durchscheinend. Anzahl gröfserer oder kleinerer eingelagerter Bläschen, welche klarer als die Umgebung, von dieser scharf abgesetzt sind. Die dunklen Futterballen werden durch die schlitzförmige Mundöffnung langsam nach aufsen befördert. Oberhalb des Stielansatzes hat sich ein Kranz von kleineren Flimmerhaaren gebildet.

Bewegung: Normale Kontraktionen, wobei der Leib Kugelform annimmt. Lebhafte Bewegung der grofsen, rutenartigen Mundflimmerhaare innerhalb des Peristones und des Haarstranges oberhalb des Stielansatzes. Innerhalb des Leibes bewegen sich einzelne der hellen Bläschen.

(6 Minuten in 0,106% Na_2CO_3.)

0,3 proz. NaCl- } Lösung.
0,053 „ Na_2CO_3- }

Paramäcium caudatum.

Bewegung momentan verändert, lebhaft örtlich um die eigene Achse rollend. Form verkürzt und verbreitert, Leiber fein gekörnt, dunkler; viele mit zwei hervortretenden, vergröfserten Vakuolen. (6 Präp.)

1 Minute: Bewegung allgemein verlangsamt, verschiedene stellen dieselbe ein. (6 Präp.)

3 Minuten: Einzelne in normaler, Mehrzahl in sehr geringer, verschiedene ohne Bewegung. Einige mit lebhafter Flimmerung, andere mit ausgestreckten, stillstehenden Flimmerhaaren langsam quellend. Vereinzelte ergiefsen ihr Protoplasma zugleich mit dunkel grobkörnigen Futterballen partiell in die Umgebung, vereinzelte zeigen den Austritt hell durchsichtiger Bläschen, welche sich allmählich mit feinkörnigen Protoplasmamassen füllen. (8 Präp.)

5 Minuten: Verschiedene in geringer, überwiegende Mehrzahl ohne Bewegung. Form verbreitert. Leiber sehr hell mit feinen Körnern, quellend. (6 Präp.)

10 Minuten: Letzte vereinzelte Bewegungen. Verschiedene in Form wie oben mit normaler Struktur, Mehrzahl in breiterer, vergröfserter Form hell quellend. (6 Präp.)

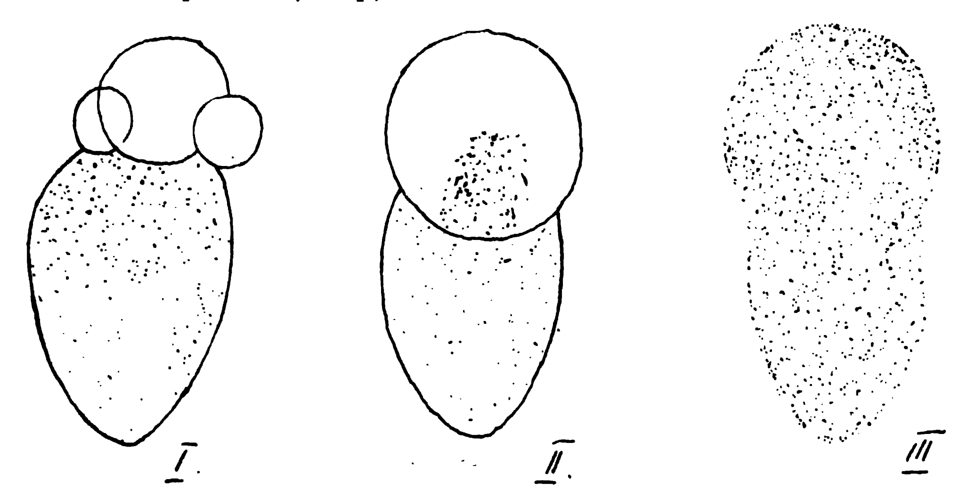


Fig. 8.

Vorticella. Einwirkung von 0,106% Natriumcarbonat.
I = Austretende helle Bläschen am Mundende. Kein Stiel, keine Bewegung. (30 Min.)
II = Bläschen übertrifft an Volum die Leibessubstanz. Eintreten körnigen Protoplasmas aus dem Leibe in das helle Bläschen. (50 Min.)
III = Hellgequollenes Exemplar mit blassen, erhaltenen Konturen in abnormer Form. (16 Stunden.)

15 Minuten: Keine Bewegungen. Kleine Anzahl in erhaltener Form wie oben mit normaler Struktur, die Mehrzahl hell gequollen. (6 Präp.)

30 Minuten: Vereinzelte Exemplare in Struktur mehr erhalten, mit ausgestreckten Flimmerhaaren. Sonst durchgehend in meist abnormen, vergröfserten Formen hell gequollen, Mehrzahl mit beginnender Auflösung in die Umgebung.

1—4 Stunden: Quellung wie vorher, Auflösung weiter fortgeschritten. (4 Präp.)

16—30 Stunden: Nur formlose Zerfallsprodukte erkennbar. (6 Präp.)

Colpidium Colpoda.

Bewegung momentan lebhaft, nach wenigen Sekunden allgemein verlangsamt, verschiedene ohne Bewegung. Einzelne werfen in der Mundgegend helle Protoplasmamassen zugleich mit gefärbten Futterballen aus. Die Auflösung ist nur eine partielle. Nachdem ein Teil des Protoplasmas ausgeworfen ist, sistiert dieser Vorgang, und die Form des hellgequollenen Leibes bleibt erhalten. (5 Präp.)

2 Minuten: Einzelne in drehender Bewegung; verschiedene mit erhaltener Form und Struktur, dunkler, wenig gequollen, ohne Bewegung. Überwiegende Mehrzahl wie oben partiell aufgelöst, meist erhaltene Konturen. (6 Präp.)

5 Minuten: Vereinzelte Exemplare in Bewegung. Man beobachtet das allmähliche Stehenbleiben, langsame Quellung, plötzliche Entleerung heller Massen am Mundende wie oben. Verschiedene in weniger gequollener Form und Struktur ohne Bewegung. (5 Präp.)

10—30 Minuten: Keine Bewegung. Einzelne Exemplare dunkler gekörnt, etwas vergröfsert, in normaler Form und Struktur. Sonst durchgehend aufgelöst, die meisten partiell, verschiedene total. (10 Präp.)

3—6 Stunden: Einzelne in breiter, vergröfserter Form, gequollen, mit hell abgesetzter, grofser Vakuole, einzelne in Flaschen- und Kugelform mit grofser Vakuole in langsam schwimmender Bewegung. Sonst durchgehend sehr hell gequollen, meist mit erkennbaren Konturen; sehr viel körnige Zerfallsprodukte. (14 Präp.)

16—21 Stunden: Einzelne Exemplare in verbreitert-verkürzter Form, normal heller Struktur, fein gekörnt, nicht durchscheinend; mit vielen kleinsten eingelagerten Bläschen in langsam schwimmender Bewegung; Gröfse normal. Sonst durchgehend spurlos verschwunden, keine sichtbaren Zerfallsprodukte. (8 Präp.)

48 Stunden: Einzelne in normaler Form und hell durchscheinender Struktur in lebhafter oder geringerer Bewegung.

Vorticella microstoma.

2 Minuten: In normaler Glockenform mit nachgezogenem Stiel durchgehend lebhaft schwimmend.

5 Minuten: Form und Struktur normal, verschiedene in gering schwimmender oder mit Flimmerbewegung, meist bewegungslos.

10—30 Minuten: In normaler Glockenform mit stillstehenden, ausgestreckten Flimmerhaaren hellkörnig quellend, keine Bewegung. Einzelne mit grofser, heller, scharf abgesetzter Vakuole.

3—6 Stunden: Vereinzelte in normal aufgehellter Glockenform mit Stiel; verschiedene in normal strukturierter Kugelform ohne Stiel in geringer oder ohne Bewegung. Einzelne bewegen sich in Cylinderform. Anzahl mit erhaltener Glockenform hell gequollen, viele mit grofsen, hellen ausgetretenen Bläschen am Mundende, die Mehrzahl scheint spurlos zerfallen.

21—48 Stunden: Verschiedene in normal heller Glockenform am Stiel, gröfsere Anzahl in normal heller Kugelform mit oder ohne Bewegung. Einzelne in heller Cylinderform lebhaft schwimmend.

Euplotes charon.

Nach 24 Stunden normal erhaltene Exemplare.

0,3 proz. NaCl- } Lösung.
0,09 „ K_2CO_3- }

Paramäcium caudatum.

Bewegung momentan lebhaft um die eigene Körperachse rollend. Form verbreitert und verkürzt. Feine, dunkle Körnung; viele mit vergröfserten, hervortretenden Vakuolen und verschiedenen anderen hellen Bläschen, welche innerhalb der Leibessubstanz scharf abgesetzt sind. (2 Präp.)

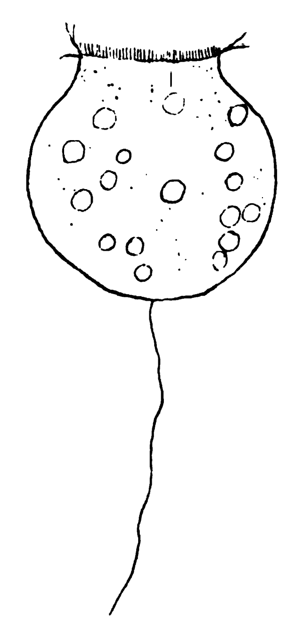


Fig. 9.
Vorticella.
Einwirkung von 0,058% Natriumcarbonat.
Kugelform mit sich häufig kontrahierendem Stiel. Flimmerung. Helle Struktur, sehr feine Körnung, helle Bläschen im Leibesinnern. (24 Stunden.)

2 Minuten: Bewegung allgemein verlangsamt schwimmend oder rollend; einzelne ohne Bewegung mit partieller Flimmerung oder ausgestreckten, stillstehenden Flimmerhaaren. (2 Präp.)

5 Minuten: Mehrzahl in sehr geringer, Anzahl ohne Bewegung. Verschiedene lösen sich formlos in die Umgebung auf, indem das Protoplasma an irgend einer Körperstelle plötzlich feinkörnig durchbricht. Verschiedene hellkörnig quellend. (3 Präp.)

10 Minuten: Vereinzelte mit geringer Orts-, einzelne mit lebhafter Flimmerbewegung. Verschiedene in verbreiterter Form und feinkörniger Struktur erhalten. Mehrzahl hell gequollen, viele mit ausgetretenen hellen oder feinkörnigen Bläschen. (3 Präp.)

15—30 Minuten: Keine Bewegung. Einzelne in erhaltener Form und Struktur wie vorher, sonst durchgehend in abnormen Formen sehr hell gequollen oder spurlos aufgelöst. (4 Präp.)

1—2 Stunden: Nur noch formlose, hellgequollene Haufen ohne ehemalige Konturen erkennbar. (4 Präp.)

Colpidium Colpoda.

Momentan lebhaft um sich selbst oder im kleinen Kreise drehende Bewegung. Viele mit sehr geringer oder ohne Bewegung. Nach wenigen Sekunden werden von verschiedenen körnige Massen (Futterballen) ausgeworfen, der Leib berstet, und das Protoplasma ergiefst sich formlos in die Umgebung. (5 Präp.)

2 Minuten: Einzelne in drehender und schwimmender Bewegung. Mehrzahl formlos aufgelöst. (4 Präp.)

5 Minuten: Vereinzelte in geringer Bewegung, einzelne in normaler Form und gekörnter Struktur, sonst durchgehend aufgelöst. (5 Präp.)

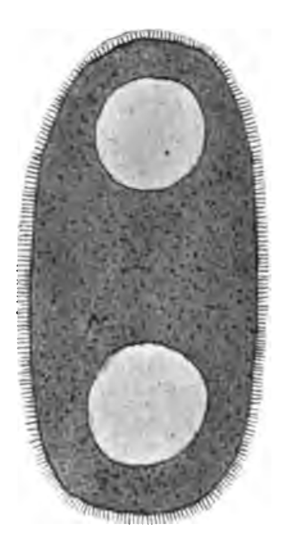


Fig. 10. Paramäcium.

Form: Verbreitert, verkürzt.
Struktur: Fein gekörnt, dunkler, mit zwei grofsen, hellen, scharf abgesetzten Vakuolen. Verlängerte ausgestreckte Flimmerhaare.
Bewegung: Ortsbewegung gering oder aufgehoben. Flimmerhaare meist stillstehend, mitunter in geringer partieller Bewegung.
(2 Minuten in 0,09 K_2CO_3.)



Eig. 11.
Paramäcium.

Form: Abnorm verbreitert.
Struktur: Hell gequollen, undeutlich abge-gesetzte Vakuolen.
(30 Minuten in 0,09 K_2CO_3.)

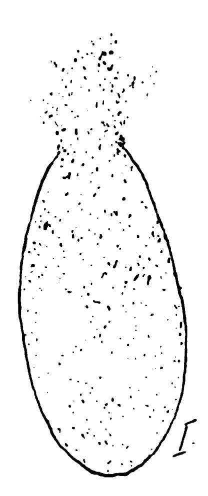


Fig. 12.
Colpidium Colpoda. Einwirkung von 0,09% Kaliumcarbonat.
I = Plötzliches Ausstofsen des Protoplasmas am Polende in die Umgebung.
II = Völlige Auflösung.

10—20 Minuten: Vereinzelte Exemplare in normaler Form und Struktur, ohne Bewegung, sonst wie vorher. (6 Präp.)

1—28 Stunden: Ganz vereinzelte Exemplare in normaler Form und heller Struktur in geringer Bewegung, sonst durchgehend formlos aufgelöst. (14 Präp.)

Vorticella microstoma.

10—30 Minuten: Vielfach in normaler Form, viele in Kugelform, mit normaler Struktur. Einzelne schwimmend oder mit lebhafter Mundflimmerung. Einige in Cylinderform, helle Struktur, in lebhaft schwimmender Bewegung. (3 Präp.)

1—4 Stunden: Mehrzahl hell gequollen oder fein gekörnt mit am Mundende ausgetretenen hellen Bläschen. Anzahl in normaler Glocken- und Kugelform, einzelne schwimmend, einzelne Kontraktionen. Verschiedene in heller Cylinderform, meist in lebhaft schwimmender Bewegung. Sehr viele formlos zerfallen. (11 Präp.)

15—28 Stunden: Überwiegende Mehrzahl formlos zerfallen. Viele in normal heller Glocken- und Kugelform, einzelne in schwimmenden, pendelnden und Kontraktionsbewegungen. (8 Präp.)

Euplotes charon.

Nach 2 Stunden normal erhalten. (3 Präp.)

0,3 proz. NaCl-
0,045 „ K_2CO_3- } Lösung.

Paramäcium Aurelia:

1 Minute: Bewegung lebhaft oder verlangsamt, meist örtlich um die eigene Achse rollend. Form verbreitert-verkürzt, meist mit 1 oder 2 hervortretenden Vakuolen, fein gekörnt. (3 Präp.)

3 Minuten: Bewegung fast durchgehend sehr verlangsamt, viele bewegungslos, lebhaft flimmernd oder mit ausgestreckten, stillstehenden Flimmerhaaren. Verschiedene quellend. Einzelne platzen und entleeren ihr Protoplasma nebst den eingelagerten farbigen Futterballen in die Umgebung, sich formlos auflösend. (3 Präp.)

5 Minuten: Einzelne in lebhafter, Anzahl in geringer Bewegung. Mehrzahl ohne Bewegung, quellend. Einzelne lassen allmählich mit körniger Masse gefüllte Bläschen heraustreten, dieselben vergröſsern sich, bis sie die ganze Leibessubstanz in Kugelform aufgenommen haben. Anzahl mit partiell in die Umgebung aufgelöstem Protoplasma, andere formlos total aufgelöst. (3 Präp.)

12 Minuten: Letzte Orts- und Flimmerbewegungen. Sonst durchgehend hell gequollen, meist verbreitert mit scharfen Konturen und abstehenden, hervortretenden Flimmerhaaren, viele noch mit scharf abgesetzten Vakuolen. (3 Präp.)

30 Minuten: Vereinzelte in mehr erhaltener Form und Struktur mit abstehenden Flimmerhaaren. Sonst durchgehend in verbreiterten oder verschiedentlich abnormen Formen hell gequollen, vielfach mit partiell in die Umgebung entleertem Protoplasma. Verschiedene formlos aufgelöst. (3 Präp.)

60 Minuten: Durchgehend in abnormen Formen mit partieller Auflösung oder formlos in die Umgebung aufgelöst. (3 Präp.)

Nach dieser Zeit spurlos aufgelöst. Bis 18 Stunden 5 Präparate.

Colpidium Colpoda.

Bewegung momentan verlangsamt, meist örtlich im Kreise um die hintere Partie drehend.

2 Minuten: Teilweise in geringer, teilweise ohne Bewegung. Leiber vielfach fein gekörnt, quellend. Form normal. (3 Präp.)

5 Minuten: Kleine Anzahl in drehender oder rollender Bewegung. Die übrigen fein gekörnt, etwas vergröfsert, quellend. Einzelne entleeren ihr Protoplasma samt den dunkleren eingelagerten Futterballen am Mundende polwärts allmählich in die Umgebung sich formlos auflösend. (3 Präp.)

10 Minuten: Einzelne in geringer Bewegung, Form wenig vergröfsert. Mehrzahl ohne Bewegung, Form desgleichen; feingekörnt, quellend. Verschiedene mit polwärts herausgetretenem Bläschen mit körnigem Inhalt. Grofse Anzahl formlos aufgelöst, wie vorher. (5 Präp.)

15 Minuten: Einzelne Bewegungen mehr normaler Exemplare. Grofse Anzahl in mehr oder weniger erhaltener Form, dunkel gekörnt, gequollen. Mehrzahl aufgelöst. (5 Präp.)

30 Minuten: Einzelne Exemplare in feingekörnter, vergröfserter und verbreiterter Form in Bewegung. Sonst durchgehend partiell oder total aufgelöst. (5 Präp.)

1—24 Stunden: Einzelne in hell normaler Struktur und normaler Form oder in feingekörnter Struktur und verbreitert-verkürzter Form erhalten. Bewegung mäfsig. Sonst in Masse nur körnige Zerfallsprodukte. (16 Präp.)

Eine andere Kultur von Colpidium Colpoda zeigte für diese Lösung eine noch gröfsere Empfindlichkeit. Es ergab sich:

Momentan verlangsamte, örtlich im Kreise um die hintere Partie drehende Bewegung.

1 Minute: Mehrzahl ohne Bewegung. Form in der hinteren Partie verbreitert, dunkler gekörnt. Verschiedene stofsen plötzlich ihr Protoplasma samt den Futterballen am Mundende polwärts in die Umgebung, sich formlos auflösend. (2 Präp.)

2 Minuten: Keine Bewegung. Grofse Mehrzahl formlos aufgelöst. (2 Präp.)

5—8 Minuten: Durchgehend partiell oder total aufgelöst. (2 Präp.)

Vorticella microstoma.

Verschiedene Exemplare waren nach 24 Stunden mit meist geringen Bewegungen erhalten. Der gröfste Teil scheint zu Grunde zu gehen.

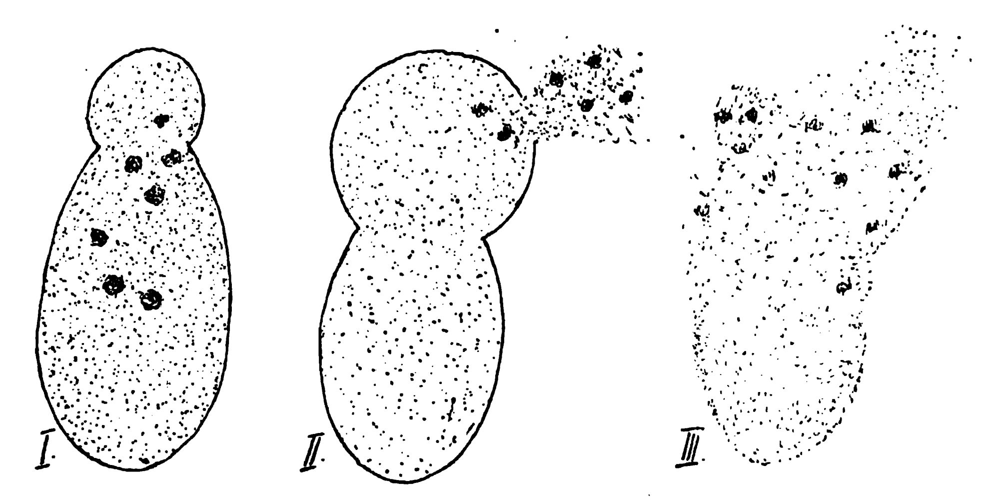


Fig. 18.
Colpidium Colpoda. Einwirkung von 0,045% Kaliumcarbonat.
I = Austreten eines Bläschens am Pol.
II = Platzen des Bläschens; Ergufs in die Umgebung.
III = Totale Auflösung.

Allen Lösungen gemeinsam ist die deletäre Wirkung auf die Protisten, von denen hierin nur Euplotes ausgenommen ist. Das bei weitem hervorstechendste Phänomen ist aber die eigenartige Veränderung, welche sich an dem geschädigten Protoplasma wahrnehmen läfst. Dieselbe ist oben genau beschrieben und ich habe auch versucht, den ganz typischen Vorgang in Abbildungen wiederzugeben. Das Wesentliche daran ist das Platzen des Protoplasmas und die Entleerung von Protoplasmaeinschlüssen und Protoplasmateilen in Form von kleinen und grofsen Bläschen. Schliefslich löst sich das ganze Protoplasma auf. Morphologisch ist der Vorgang ein sehr verschiedener von den Absterbeerscheinungen bei den neutralen Salzen und wiederum ganz anders, wie nachher geschildert werden soll, als bei den Säuren. Dieser Prozefs ist aber nicht ein einfacher Auflösungsprozefs, sondern ein sehr komplizierter Vorgang, der neben den Absterbeerscheinungen noch Ansätze von Schutz- und Reparationsmechanismen enthält. Dies tritt bei Colpidium hervor, während Paramäcium so sehr der Alkaliwirkung unterliegt, dafs bei den von mir angewandten Konzentrationen — so gering sie auch sind —

nur unaufhaltsame Zerstörung beobachtet wird. Bei Colpidium kann der Prozefs plötzlich sistieren und das Lebewesen darauf lange Zeit noch funktionierend sich erhalten; ja es kann sogar eine gewisse Anzahl von Exemplaren sich restituieren, natürlich nur bei den verdünnteren Lösungen. Die individuelle Befähigung einzelner Lebewesen sich in Lösungen zu erhalten, in welchen die grofse Mehrzahl der gleichen Art zu Grunde geht, ist biologisch von hohem Interesse. Es wird eine lohnende Aufgabe sein, den Mechanismus dieser Anpassung näher kennen zu lernen, weil es sich hier um Fälle handelt, welche unter den Augen des Beobachters sich abspielen und einfachen Experimentalbedingungen unterworfen werden können.

In den nachfolgenden Versuchen mit KOH-Lösungen von sehr grofser Verdünnung zeigen sich die geschilderten Erscheinungen in noch ausgeprägterer oder richtiger stürmischerer Weise. Vorticella nebulifera nimmt eine Sonderstellung ein, indem diese eine Schutzvorrichtung in ihrer Fähigkeit sich einzukapseln besitzt.

**0,3 proz. NaCl-
0,028 „ KHO-} Lösung.**

Paramäcium caudatum.

Die Bewegung ist fast durchgehend augenblicklich aufgehoben. Verschiedene stofsen momentan ihr Protoplasma hellkörnig nach verschiedenen Richtungen aus und lösen sich spurlos in die Umgebung auf. Einzelne bewegen sich noch eine kurze Strecke, um plötzlich unterwegs demselben Exitus anheimzufallen. Die letzten Auflösungen sind bis zu 2 Minuten zu beobachten. (2 Präp.) Nach dieser Zeit sind keine Konturen mehr erkennbar. Bis 90 Minuten 5 Präparate in Beobachtung.

Colpidium Colpoda.

Verschiedene lösen sich momentan auf, die Mehrzahl nach wenigen Sekunden, die letzten Exemplare nach einer Minute. Die Bewegung ist meist momentan aufgehoben, verschiedene führen noch lebhaft drehendschwimmende Bewegungen aus, um plötzlich während dieser das Protoplasma zugleich mit grobkörnigen Futterballen stets in der Gegend der Mundöffnung in die Umgebung auszustofsen, womit sich der Leib formlos auflöst. Bei den zuletzt endigenden Exemplaren ist folgender Exitus zu beobachten. Langsame Bewegung in normaler Form, Hervortreten einer sich vergröfsernden Vakuole zugleich mit dunklerer Körnung des Leibes. Sistierung der Bewegung, dunkle körnige Quellung, Verschwinden der Vakuole, plötzliche Ent-

leerung des Protoplasmas in der Mundgegend, spurlose Auflösung des Leibes. (15 Präp.) Nach einer Minute sind nur noch formlose Zerfallsprodukte nachweisbar. Bis 21 Stunden 15 Präparate in Beobachtung.

Vorticella microstoma.

5 Minuten: In sämtlichen Colpoda-Präparaten überlebend, einzelne in Glockenform mit langem Stiel, meist in Kugelform ohne Stiel mit normal heller Struktur in schwimmender Bewegung.

30—60 Minuten: Verschiedene in Cylinderform mit ausgestreckten Flimmerhaaren in lebhaft schwimmender Bewegung, verschiedene in normal heller Glocken- und Kugelform. Die Mehrzahl ist vergröſsert, hellkörnig gequollen, zeigt am Mundende meist ausgetretene, helle Bläschen. Vereinzelte entleeren in dieses feinkörnige Protoplasma aus dem Leibesinnern. (14 Präp.)

20 Stunden: Überwiegende Mehrzahl spurlos zu Grunde gegangen. Einzelne lassen noch hellkörnig gequollen undeutliche Konturen erkennen. Verschiedene in normaler Form und Struktur an langen Stielen, flimmernd mit vereinzelt schwimmenden und pendelnden Bewegungen. (4 Präp.)

Vorticella nebulifera.

20 Stunden: Anzahl eingekapselt. Protoplasma entweder gleichmäſsig innerhalb der Kapsel angeordnet oder im Centrum dunkler zusammengezogen, von einer hellen Randzone umgeben. Bei einem Exemplar wurde heftiges Rotieren der centralen, dunkleren Partie innerhalb der Kapsel zwei Stunden lang beobachtet. Die rotierende Masse schien aus mehreren Teilen zu bestehen.

0,3 proz. NaCl- } Lösung.
0,014 „ KHO- }

Paramäcium caudatum.

Momentan lebhaft rotierende Bewegung. Form verbreitert und verkürzt, gleichmäſsig helle Struktur.

2 Minuten: Bewegung allgemein verlangsamt, verschiedene bewegungslos. Einzelne ergieſsen ihr Protoplasma plötzlich von einer Körperstelle aus in die Umgebung und lösen sich spurlos auf.

5—10 Minuten: Die Mehrzahl hat sich aufgelöst. Einzelne stoſsen helle Bläschen aus, entleeren in dieselben körnige Massen und platzen schlieſslich wie oben. Verschiedene in normaler Form und Struktur mit oder ohne Bewegung.

Einwirkung von H-Jonen.

Gegen Säuren sind die Protisten sehr empfindlich. Ich habe zur Untersuchung der H-Wirkung sehr verdünnte Lösungen von H_2SO_4 verwandt. Noch in einer Konzentration von nur 0,01225 % gehen alle Protisten in wenigen Minuten zu Grunde.

0,3 proz. NaCl- } Lösung.
0,0245 „ H_2SO_4- }

Paramäcium caudatum.

Die Bewegung ist momentan aufgehoben. Die Leiber erscheinen in normaler Form, fein dunkel gekörnt. Zerfall ist nicht zu beobachten, scharfe Konturen der dunklen Leiber noch nach 18 Stunden erhalten. (12 Präp.)

Colpidium Colpoda.

Momentan sehr verlangsamte Bewegungen, die letzten bis zu 30 Sekunden. Nach einer Minute sind alle Leiber in normaler Form dunkel gekörnt, viele erscheinen im hinteren Ende etwas verbreitert. Scharfe Konturen der dunklen Leiber noch nach 18 Stunden durchgehend erhalten. (20 Präp.)

Vorticella } In gleicher Weise mit erhaltenen Konturen und
Euplotes charon } dunkler Körnung des Leibes zu Grunde gehend.

0,3 proz. NaCl- } Lösung.
0,01225 „ H_2SO_4- }

Paramäcium caudatum.

Die letzten Exemplare bewegen sich bis zu einer Minute. Verschiedene zeigen noch bis zu zwei Minuten totale oder partielle, lebhaft vermehrte Flimmerbewegung. Die helle Struktur geht in eine körnig dunklere über, die Form bleibt erhalten. Derselbe Befund noch nach 26 Stunden. Keine Auflösung. (20 Präp.)

Colpidium Colpoda.

Bewegung momentan sehr verlangsamt, teilweise sistiert. Die letzten Exemplare bewegen sich bis zu 5 Minuten. Leiber etwas verbreitert, heller und dunkler gekörnt. Die scharfen Konturen, dunkle Körnung, sind nach 26 Stunden erhalten. Keine Auflösung. (32 Präp.)

Vorticella } Mit erhaltenen Konturen und dunkler Körnung,
Euplotes charon } erstere meist in Kugelform, zu Grunde gehend.

In Lösungen von 0,00245 % gehen immer noch zahlreiche Exemplare zu Grunde und erst eine solche von 0,000245 % H_2SO_4 ist so ziemlich ohne schädliche Wirkung. Das Bemerkenswerte bei der Säurewirkung ist das morphologische Verhalten, welches ganz anders als bei den Alkalien sich darstellt. Die Form der Protisten ändert sich gar nicht; das Protoplasma wird dunkel fein gekörnt und der Leib hebt sich mit scharfen Konturen gegen die Umgebung ab. Während in allen anderen Lösungen die abgestorbenen Protisten rasch zerfallen und bald spurlos verschwinden, bleiben die in Säuren abgestorbenen Protisten

geradezu fixiert 24 Stunden und länger in der Form und gröberen Struktur vollkommen erhalten. Diese gegensätzlichen Erscheinungen bei Alkali- und Säurevergiftung sind Thatsachen, welche

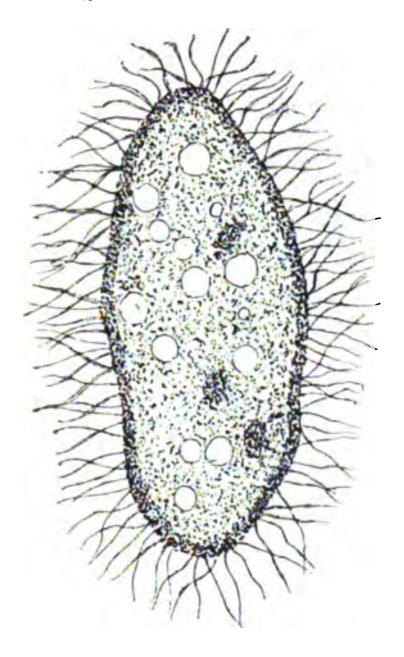


Fig. 14.
Paramäcium.
Einwirkung von 0,01225 % Schwefelsäure. Ausgestreckte, fadenförmige Fortsätze rings um den etwas geschrumpften, dunkel gekörnten Leib. Äufsere Zone des Leibes dunkler als das Centrum. Im Innern kleine, hell hervortretende Vakuolen. (18 Stunden.)



Fig. 15.
Colpidium Colpoda.
Form: Wenig geschrumpft, im hinteren Ende verbreitert.
Struktur: Geschrumpftes Protoplasma, hellere mit dunkleren kleinsten Partien abwechselnd. Partiell kleine Flimmerhaare, unregelmäfsig hervortretend.
Bewegung fehlt.
(24 Stunden in 0,00245 H_2SO_4.)
NB. Bei schwächerer Vergröfserung sehen die durchgehend flaschenförmigen Leiber viel dunkler aus.

weit über die hier betrachtete Protistenphysiologie Bedeutung haben. Denn Alkali- und Säurevergiftung ist bei den höheren Tieren ein viel untersuchter, praktischer wichtiger Prozefs. Er zeichnet sich durch einen sehr verschiedenen Chemismus und durch ganz verschiedenen Symptomenkomplex aus. Aus meinen Beobachtungen geht — in dieser Bestimmtheit wohl zum ersten Male — hervor, dafs Alkali- und Säuretod eine von einander scharf getrennte morphologische Grundlage hat. Dieser Unterschied ist im Chemismus des Protoplasmas begründet und zwar

in dem des lebenden Protoplasmas. Es könnte vermutet werden, dafs erst das Protoplasma abstürbe und dann die Alkali- bezw. Säurewirkung einsetzt. Diese Vermutung wird aber durch die Thatsache beseitigt, dafs die charakteristischen Phasen des Prozesses am lebenden Protoplasma sich abspielen und am noch lebenden Protoplasma zum Stillstand kommen können.

Ergebnisse und Schlufsfolgerungen.

Das Protoplasma der Protisten verhält sich einer Reihe von Salzlösungen gegenüber anders wie das Protoplasma der höheren Tiere.

Die Protisten sind in weitem Umfange vom osmotischen Druck der Lösungen unabhängig.

Die Wirkung der untersuchten anorganischen Substanzen auf das Protoplasma beruht auf chemischen und nicht auf physikalischen Prozessen. Da nun selbst sehr nahestehende Arten auf einzelne Salze verschieden reagieren, kann daraus gefolgert werden, dafs der chemische Aufbau ihres Protoplasmas verschieden ist.

Einzelne Protistenarten passen sich den fremden Salzlösungen innerhalb gewisser Grenzen an; dieser Anpassung geht ein eigentümliches Hemmungsstadium der Bewegungen vorauf, in welchem sich morphologische Veränderungen vollziehen.

Teilweise rühren die Reaktionen der Protisten auf anorganische Substanzen von deren Jonen ab; das gilt namentlich von den K-, den OH- und H-Jonen. Einige Reaktionen sind aber nicht Jonenwirkung, sondern sind hervorgerufen durch die nicht dissociierten Bestandteile, also abhängig von der Natur der Verbindung. Das bemerkenswerteste Beispiel hierfür ist das Verhalten der Protisten gegenüber Ca-Salzen. Ca-Salze, welche bei höheren Tieren sehr günstig wirken, sind für die Protisten giftig; andere Ca-Salze sind hingegen unschädlich. Die Reaktion rührt also nicht von den Ca-Jonen her.

Reine NaCl-Lösung ist für die Protisten weniger schädlich als eine solche mit Zusatz von $CaCl_2$ und KCl. (Ringers und Howells Lösung.)

$CaSO_4$ und $Ca(NO_3)_2$ sind in relativ nicht schwacher Konzentration den Protisten zuträglich; hierin offenbart sich ein chemisches Anpassungsvermögen ihres Protoplasmas an Substanzen, welche häufig unter biologischen Verhältnissen mit denselben in Berührung kommen.

Protisten, welche fremden Lösungen zugesetzt worden sind, lassen sich durch Zurückbringen in unschädliche Lösungen wieder retten. Während die Schädigung sehr rasch eintritt, bedarf es zur Restitution längerer Zeiten.

Selbst in sehr giftigen Salzlösungen, wo die Mehrzahl einer bestimmten Protistenart zu Grunde geht, vermögen eine gewisse Anzahl von Exemplaren zu überleben.

Eine ganze Reihe von Substanzen haben ganz bestimmte morphologische Veränderungen im Gefolge, z. B. die K-Jonen. Am ausgeprägtesten sind aber dieselben einerseits bei den Alkalien, anderseits bei den Säuren. Die Vergiftung durch OH-Jonen und die durch H-Jonen ist bei den Protisten durch ein ganz charakteristisches Bild gekennzeichnet: Alkali- und Säuretod sind auch morphologisch scharf unterschieden.

Die typischen, morphologischen Veränderungen lassen sich erklären auf Grund von Beeinflussungen des chemischen Aufbaues des Protistenprotoplasmas.

Für die Anregung und stete Leitung dieser Arbeit sage ich Herrn Professor Asher meinen herzlichsten Dank. Für die gütige Erlaubnis, im Hallerianum diese Arbeit ausführen zu dürfen, bin ich zu besonderem Danke Herrn Professor Kronecker verpflichtet, ebenso Herrn Professor Studer, welcher mich durch Bestimmung der Protistenarten gütigst unterstützte.

